FACULTÉ MIXTE
DE
MÉDECINE GÉNÉRALE ET COLONIALE ET DE PHARMACIE
DE MARSEILLE

No 104

Étude Clinique et Expérimentale de l'Action des Poussières de Lignite

(HOUILLERES DU BASSIN DE PROVENCE)

THESE

Présentée et publiquement soutenue devant la Faculté de Médecine Générale et Coloniale et de Pharmacie de Marseille

Le 17 Novembre 1955

PAR

Michel H. BLANC

Né le 9 Décembre 1928, à La Grand'Combe (Gard)

Diplômé de Médecine du Travail - de Pédiatrie et de Puériculture et de Médecine Tropicale

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MEDECINE

Examinateurs de la Thèse	MM. le Professeur MATTEI	*Président*
	le Professeur RECORDIER	*Assesseurs*
	le Professeur Ag. LAVAL	
	le Professeur Ag. CHARPIN	

Éditions LECONTE
98, Cours Lieutaud
MARSEILLE
1 9 5 5

Étude Clinique et Expérimentale de l'Action des Poussières de Lignite

(HOUILLERES DU BASSIN DE PROVENCE)

FACULTÉ MIXTE
DE
MÉDECINE GÉNÉRALE ET COLONIALE ET DE PHARMACIE
DE MARSEILLE

N°

Étude Clinique et Expérimentale de l'Action des Poussières de Lignite

(HOUILLERES DU BASSIN DE PROVENCE)

THESE

Présentée et publiquement soutenue devant la Faculté de Médecine Générale et Coloniale et de Pharmacie de Marseille

Le 17 Novembre 1955

PAR

Michel H. BLANC

Né le 9 Décembre 1928, à La Grand'Combe (Gard)

Diplômé de Médecine du Travail - de Pédiatrie et de Puériculture et de Médecine Tropicale

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MEDECINE

Examinateurs de la Thèse	MM. le Professeur MATTEI	*Président*
	le Professeur RECORDIER	*Assesseurs*
	le Professeur Ag. LAVAL	
	le Professeur Ag. CHARPIN	

Éditions LECONTE
98, Cours Lieutaud
MARSEILLE
1 9 5 5

PERSONNEL DE LA FACULTE MIXTE
DE
MÉDECINE GÉNÉRALE ET COLONIALE ET DE PHARMACIE DE MARSEILLE

Doyen : G. MORIN — *Assesseur :* J. DELPHAUT

Professeurs honoraires : MM. AUDIBERT, BELTRAMI, BREMOND, GABRIEL, HECKENROTH, JOYEUX, MONGES, OLMER, RIMATTEI, ROCHE.

Secrétaire principal : J. COMTE — *Bibliothécaire :* Mlle PERRIN

PROFESSEURS

Anatomie	GRISOLI
Anatomie pathologique	GASTAUT
Bactériologie et Pathologie générale	BRAHIC
Botanique et Cryptogamie	PELLISSIER
Cardiologie clinique et expérimentale	JOUVE
Chimie médicale	DERRIEN
Chimie analytique et Hydrologie	ARNOUX
Chimie	DUMAZERT
Clinique chirurgicale	
Clinique chirurgicale	MOIROUD
Clinique chirurgicale infantile et orthopédique	SALMON
Clinique chirurgicale thérapeutique et Chirurgie expérimentale	De VERNEJOUL
Clinique dermato-syphiligraphique	CHARPY
Clinique exotique	BLANC
Clinique des maladies du système nerveux	POURSINES
Clinique médicale	MATTEI
Clinique médicale	POINSO
Clinique médicale thérapeutique	OLMER J.
Clinique des maladies des voies digestives et de la nutrition	RECORDIER
Clinique médicale infantile	GIRAUD
Clinique neuro-chirurgicale	PAILLAS
Clinique obstétricale et gynécologique	CHOSSON
Clinique ophtalmologique	JAYLE
Clinique urologique	CHAUVIN
Histologie	PICARD
Hygiène et Médecine préventive	SAUTET
Matière médicale	BALANSARD
Médecine légale et Médecine du Travail	MOSINGER
Parasitologie	RANQUE
Pathologie chirurgicale	CARCASSONNE
Pathologie interne	AUDIER
Pharmacologie	MERCIER
Pharmacie chimique et Toxicologie	VIGNOLI
Pharmacie galénique	DELPHAUT
Physiologie	MORIN
Physique médicale	DUBOULOZ
Thérapeutique	PIERI
Professeur sans chaire	ROUX

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Maîtres de Conférences Agrégés

MM. BERNARD Pierre
BOURRET
DEPIEDS
DESANTI
DONNET
GAMBARELLI
GREBUS
LISSITZKY
J. MERCIER
MOURGUE
PASTOR
PAYAN
TAMALET

Agrégés en exercice

MM. APPAIX
BERNARD René
CHARPIN
CHAUVIN
CREMIEUX
DEVIN
GRANJON
LAVAL
MARONNEAUD
METRAS
MONGES Henri
MOUREN
OLLIVIER
ORSINI
OURGAUD
PAOLI
RAYBAUD
SERMENT

Agrégés libres

MM. BERTHIER
DOR
FIGARELLA
HENRY
IMBERT
LAMY
LENA
VAGUE

Chargés des fonctions de Maîtres de Conférence

Histologie ..... M. STAHL

A MES PARENTS

Ils ont été pour nous le plus vivant exemple de ce qu'est une vie de droiture et de travail. Leur esprit de clairvoyance et leur sens des réalités nous guident toujours.

Qu'ils trouvent ici un faible témoignage de notre immense affection pour eux.

A MA FEMME

Son affection nous a accompagné tout au long de nos études et nous aide à persévérer.

A MES ENFANTS CHÉRIS : CLAUDE-LISE et ANNICK

AU DOCTEUR JEAN N. BLANC ET A SA FAMILLE

Etudiant, il nous a guidé dans nos premiers pas ;
Médecin, il nous prodigue ses conseils.

A MES FRERES GEORGES ET DANIEL

A MES BEAUX-PARENTS

Leur affectueuse confiance et leurs sages conseils nous sont précieux.

Qu'ils trouvent ici le témoignage de notre filiale affection.

A MES GRANDS-PARENTS

A MA FAMILLE

A ceux qui ne sont plus :

HENRY BLANC, *Docteur en Médecine,*

Chef de Clinique à la Factulté de Bordeaux,
Lauréat de l'Académie de Médecine,
Mort pour la France (1943) ;

MARCEL BLANC, *Docteur en Pharmacie,*

Vice-Président du Conseil Supérieur de Pharmacie.

A Monsieur le Professeur POLICARD

Professeur Honoraire d'Histologie,
Membre de l'Institut,
Correspondant de l'Académie de Médecine.

Il nous a fait le très grand honneur de s'intéresser à notre travail.

Il nous a prodigué ses bienveillants conseils pour la disposition et la rédaction de cette étude.

Nous espérons qu'il ne sera pas trop déçu.

Qu'il nous permette de lui exprimer notre respectueuse gratitude.

A NOTRE MAÎTRE ET PRÉSIDENT DE THÈSE, LE PROFESSEUR MATTEI

Professeur de Clinique Médicale, Médecin des Hôpitaux

Qu'il nous soit permis de le remercier ici de la bienveillance qu'il nous a toujours témoignée et nous lui disons notre reconnaissance pour le grand honneur qu'il nous fait aujourd'hui de juger ce travail.

A NOTRE JURY DE THESE :

Monsieur le Professeur RECORDIER

Professeur de Clinique des Maladies des Voies Digestives et de la Nutrition — Médecin des Hôpitaux

Parmi les souvenirs de notre vie d'étudiant, celui du séjour dans son service est un des plus attachants.

Nous le remercions de l'honneur qu'il nous fait de juger ce travail.

Monsieur le Professeur Agrégé LAVAL

Il a bien voulu nous diriger dans ce travail.

Nous lui devons beaucoup de notre formation pneumologique.

Qu'il trouve ici l'expression de notre gratitude et de nos sentiments de reconnaissance.

Monsieur le Professeur Agrégé CHARPIN

Médecin des Hôpitaux

Nous avons eu le privilège d'être son interne.

Il nous a fait bénéficier pendant de nombreux mois de son prestigieux enseignement.

Nous le prions de trouver ici l'expression de notre grande admiration et de notre attachement.

A Monsieur le Docteur SAUVAN

Médecin Chef de l'Hôpital Saint-Joseph

Il nous a accueilli voici cinq ans dans son service.

Nous ayant ouvert la voie de la Phtisiologie, il nous a décidé au choix de cette spécialité.

Nous l'assurons ici de notre fidèle attachement.

A Messieurs les Docteurs

AUBERT

Mon Ami.

ZAFIROPOULO

CLOT

GIRAUD-MICHEL

Camarades de travail, ils sont devenus mes amis.

A Messieurs les Médecins de l'Hôpital Saint-Joseph, les Docteurs

VERGES J.

LORENZI

LONGEFAIT

HARTUNG

BARBE

Médecins et Chirurgiens Assistants.

A mes camarades d'Internat

A tous mes Amis.

A Monsieur le Professeur POINSO

Professeur de Clinique Médicale, Médecin des Hôpitaux

En hommage respectueux.

A Monsieur le Professeur Agrégé METRAS

A Messieurs les Docteurs

POPARD, *Médecin Colonel, Médecin Chef de la Place de Marseille ;*

JOUTARD, *Médecin Commandant, Médecin Chef du Service de Radiologie de l'Hôpital Militaire Michel-Lévy ;*

RUZIE, *Electro Radiologue ;*

DELOIRE.

A MES MAITRES DE LA FACULTE DE MEDECINE.

AVANT-PROPOS

Les paysages miniers nous sont familiers. Nous y avons passé notre enfance. Les circonstances pénibles de la guerre ont voulu que pendant plusieurs mois nous fassions connaissance dans une exploitation au fond de ce qu'est le pénible labeur du mineur.

Monsieur le Professeur Agrégé LAVAL, à qui nous avions demandé de nous guider dans le choix d'un sujet de thèse, connaissant ces attaches, nous proposait l'étude du risque silicotique dans la région provençale en ce qui concerne le lignite, sujet qui presentait au moins l'intérêt de n'avoir jamais été étudié. Nous le remercions de ce sage conseil et de ceux qu'il nous a prodigués dans l'élaboration de ce travail.

L'initiative du Docteur AYNAUD, Médecin Chef des Houillères du Bassin de Provence, d'entreprendre une enquête radiologique complète nous permettait de progresser sûrement et d'étendre cette étude. Qu'il nous permette de le remercier ici et de l'assurer de notre amitié.

En outre, le Docteur AYNAUD nous mettait en relation avec LE CENTRE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES DES CHARBONNAGES DE FRANCE (CERCHAR) où nous avons pu effectuer deux séjours dans ses laboratoires spécialisés.

Nous devons la partie expérimentale de ce travail au Docteur COLLET. L'accueil qu'il nous a réservé dans son laboratoire, la patience qu'il a eue pour nous guider et nous instruire dans cette étude, nous conseillant jusque dans les moindres détails, nous ont non seulement facilité notre tâche, mais en ont fait une entreprise agréable. Nous lui exprimons notre reconnaissance et l'assurons de notre attachement.

Nous remercions Monsieur CHERADAME, Directeur Général, qui a bien voulu nous accueilir au CERCHAR, et Monsieur CHARBONNIER, Chef du Groupe « Poussières-Silicose », dont l'amabilité légendaire était encore une fois mise à contribution.

Nous remercions les techniciens de ce laboratoire, en particulier Monsieur LE BOUFFANT et Mademoiselle MOUSSAC, qui ont toujours répondu avec empressement à nos questions.

L'amicale compréhension de Monsieur BORAN, Directeur Général des Houillères du Bassin de Provence, nous a permis d'entreprendre ce travail et d'en rassembler les différents éléments. Nous lui disons notre reconnaissance.

Le Docteur CAZAMIAN, Médecin Chef des Houillères du Bassin des Cévennes, nous a donné les premiers documents qui nous étaient nécessaires pour commencer cette étude. Nous lui exprimons notre gratitude.

Nous remercions le Docteur GRÉGOIRE qui nous a aidé à la mise en route de l'étude fonctionnelle respiratoire.

INTRODUCTION

Médecins, techniciens, hommes de laboratoire se sont penchés depuis de longues années sur le grave problème médical, social et économique posé par les travaux obligeant l'homme à respirer des poussières. De très grands progrès ont été effectués dans ce domaine et de nombreuses professions ont vu leur risque diminuer considérablement. Mais il reste encore beaucoup à faire si l'on veut que les métiers exposés au risque coniotique deviennent sans danger sérieux pour la santé de ceux qui les exercent.

Jusqu'à présent, on a étudié les professions les plus exposées et dans ces professions les chantiers les plus dangereux, comme cela était normal. C'est ainsi que dans la profession minière travaillant le charbon, les recherches les plus urgentes s'adressaient à la silicose, affection fréquente et grave.

Les poussières des mines de lignite ont été peu étudiées du point de vue des pneumoconioses et nous n'avons relevé dans la littérature que trois travaux d'ensemble sur cette question (Grieshammer (21), Policart, Hanaut et Le Roy (35), Aynaud R. (1). Le fait que le lignite ait été tenu à l'écart s'explique facilement si l'on considère deux faits essentiels :

- *la production de lignite représente en France un faible pourcentage de la production minière et il en est de même dans les autres pays ;*
- *on considère habituellement l'exploitation du lignite comme inoffensive pour les ouvriers.*

Cependant, comme on le verra par la suite, nous avons pu établir une observation typique de pneumoconiose de mineur de charbon, survenue chez un mineur ayant travaillé exclusivement dans une exploitation de lignite. Cette observation unique montre à l'évidence l'inocuité presque complète de cette poussière. Mais elle suggère aussi qu'elle peut, dans des conditions qui restent à définir, donner lieu à une authentique pneumoconiose, avec masses pseudo-tumorales.

D'autre part, l'inocuité même d'une atmosphère relativement poussiéreuse pose des problèmes très intéressants relatifs à la pathogénie des pneumoconioses en général. Pourquoi certaines atmosphères sont-elles dangereuses et d'autres relativement inoffensives ? L'exploitation du lignite présente certains caractères originaux qui peuvent aider à mieux comprendre les mécanismes fondamentaux présidant à l'établissement des pneumopathies coniotiques.

Ces diverses considérations, compte tenu du peu de renseignements que nous possédons sur le cas particulier du lignite, nous ont conduit

à entreprendre un travail d'observation et d'analyse des conditions d'environnement des exploitations de lignite et de leur retentissement sur le poumon de l'homme qui doit y travailler. Nous plaçant sur un plan purement médical, nous ne considérerons ici que la QUALITÉ *de la poussière mise en cause et non sa* QUANTITÉ *et sa production.*

Pour réaliser notre programme, nous avons choisi le plan suivant. Après quelques généralités sur le bassin minier des HOUILLERES DE PROVENCE, qu'il était utile de rappeler pour mieux comprendre les caractères très particuliers de la poussière, nous avons effectué une courte revue des méthodes actuelles d'estimation de l'empoussiérage d'un chantier industriel. Le point de vue quantitatif se double du point de vue qualificatif, tous deux nécessaires pour caractériser l'agent causal du risque pneumoconiotique. En plus, des caractéristiques physiques et chimiques des poussières, nous devons être informés sur la nocivité biologique de la poussière. Les tests sur animaux répondent à cette question.

Nous apporterons alors les résultats de toutes ces investigations effectuées sur les poussières d'un chantier de lignite, y compris les tests biologiques de nocivité.

Entre le moment où la poussière est en suspension dans l'air et celui où elle déclenchera une altération pulmonaire, elle doit pénétrer et se fixer dans le poumon. Le poumon réagit en éliminant ces corps étrangers : c'est l'épuration pulmonaire. Le résultat de ce "conflit des poussières et du poumon" déterminera la part nocive des poussières aériennes, en définitive seule importante.

Cette part ne peut être déterminée à l'avance ; c'est pour cela qu'en face des considérations de laboratoire, il faut de toute nécessité placer les résultats de l'observation clinique des hommes ayant séjourné dans l'atmosphère que nous venons de définir. C'est en définitive le résultat essentiel de l'enquête, les autres considérations n'ayant qu'un caractère indicatif. Cette observation clinique est tout naturellement complétée par l'exploration de la fonction pulmonaire. On ne peut compenser légalement des altérations radiologiques, mais des déficits fonctionnels.

Pour terminer, nous essayerons de dégager quelques conclusions pratiques.

GEOLOGIE
HISTORIQUE — SITUATION ACTUELLE

Avant d'aborder l'étude clinique et expérimentale, il nous a paru opportun de présenter ce Bassin, souvent fort mal connu, même dans sa propre aire géographique.

Une esquisse de sa géologie, un résumé de son histoire, un aperçu de sa situation actuelle et ses perspectives d'avenir permettront, nous l'espérons, par une connaissance plus étendue de ce Bassin, d'accroître l'intérêt que le lecteur voudra bien porter à cette étude clinique et expérimentale des poussières des lignites de Provence.

*
* *

A. - Grandes lignes géologiques du Bassin (plan annexé)

Le Bassin des HOUILLERES DE PROVENCE est limité au Nord par les chaînes de la Fare et de Sainte-Victoire. Fermé à l'Est par la rencontre de cette dernière chaîne avec celle de l'Olympe, sa bordure Sud est marquée par les massifs de la Nerthe, de l'Etoile, du Regagnas et de l'Olympe.

Il reste ouvert vers l'Ouest où il se continue sous l'Etang de Berre.

Ce Bassin, d'une superficie de l'ordre d'un millier de kilomètres carrés, est de formation fluvio-lacustre particulière qui ne se trouve qu'en Provence, avec son faciès et ses fossiles caractéristiques. Cette formation, dont l'épaisseur est de l'ordre de 1.000 m., appartient au crétacé supérieur.

Au point de vue tectonique, des plissements contemporains du soulèvement pyrénéen ont affecté le Bassin de Provence, provoquant des cassures parfois à grandes dénivellations et surtout un déplacement du Sud au Nord, sur une distance de plusieurs kilomètres d'une masse importante de terrains appelée « lambeau de Gardanne ».

Dans cette région, le faisceau charrié recouvre le faisceau en place et de ce fait, la densité du gisement productif est fortement accrue.

Géologiquement, le charbon de Provence se rapproche beaucoup plus des Houilles que des Lignites proprement dits.

D'ailleurs, son aspect noir brillant, sa cassure franche et légèrement conchoïdale, le fait ressembler à de la houille dont il ne diffère que par un pouvoir calorifique plus faible dû à une teneur en eau de constitution plus élevée.

Les couches de charbon exploitables sont réparties dans un horizon voisin de la base du Bassin, appelé le « Fuvelien ».

Le gisement de Gardanne est constitué par des couches de lignite barré de bancs calcaires d'épaisseur variable. Le toit et le mur sont calcaires avec, occasionnellement, des inclusions de carbonate de fer. L'encaissement par ces roches calcaires est caractéristique.

Le faisceau productif comprend quatre couches dénommées de bas en haut :

Couche « GRANDE MINE »	Puissance maximum	4 m. 5
« MAUVAISE MINE » ..	»	2 m.
« QUATRE PANS »	»	1 m. 8
« GROS ROCHER »	»	2 m.

Une coupe de ce faisceau, parallèlement à la bordure Sud du Bassin et jalonnée par les localités de Rognac, Gardanne, Trets, montre que dans la région de l'Etang de Berre, les couches ont une valeur médiocre (anciennes exploitations de la Fare et de Coudoux).

En se dirigeant d'Ouest vers l'Est, les couches s'améliorent pour atteindre leur maximum de développement dans la région de Gardanne (zone d'exploitation des HOUILLERES DE PROVENCE). Elles s'amincissent ensuite progressivement avec accentuation des intercalations argileuses.

La région de Trets marque la limite d'exploitabilité de la couche la plus puissante — la couche « GRANDE MINE ».

Estimées à 100 millions de tonnes, les réserves certaines du Bassin assureront aux Houillères de Provence, pendant au moins un siècle, une production annuelle de 1.000.000 de T. minimum.

B. - Historique du Bassin

Des documents prouvent que, déjà en 1650, du charbon est extrait pendant les périodes sèches de l'année par des petits puits inclinés ouverts à partir des affleurements des couches.

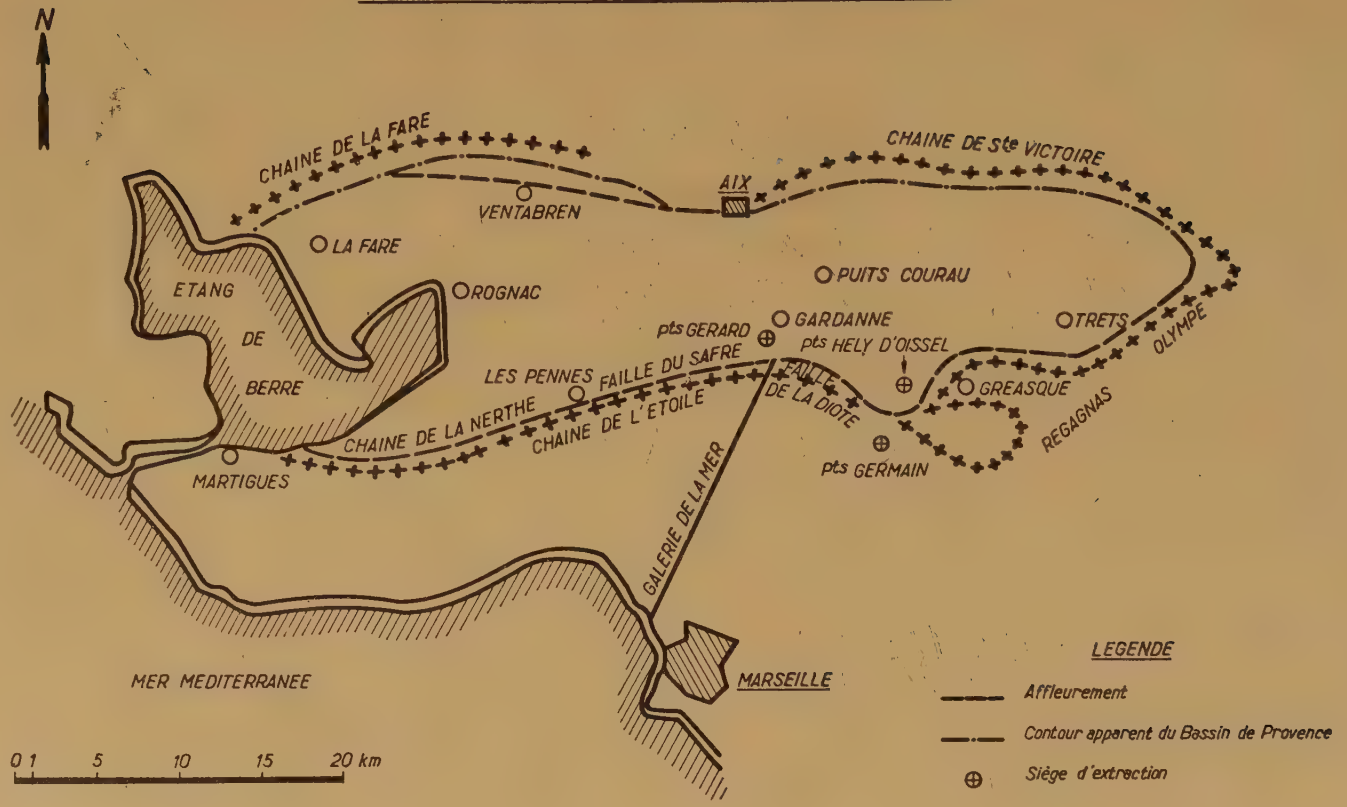
Pendant les périodes de pluie, les chantiers noyés sont provisoirement abandonnés.

Au cours du XVIII[e] siècle, ce mode artisanal d'exploitation se généralise le long des affleurements, entre Gardanne et Trets.

Au début du XIX[e] siècle, la mise en application du nouveau code minier (1810) ouvre l'ère des concessions. Il se produit alors une évolution rapide de la technique minière, les exploitations prennent un caractère industriel.

1820 : Inauguration par le Comte de Castellane du premier puits vertical d'extraction de 70 m. de profondeur équipé d'un manège à chevaux.

ENSEMBLE DU BASSIN DE PROVENCE



1837 :

Apparition de la première machine à vapeur utilisée pour l'extraction et l'épuisement.

1842 à 1890 :

Une trentaine de puits d'extraction sont mis en activité. La durée de ces puits est liée à la profondeur d'extraction, laquelle s'accroît progressivement :
— moins de 100 m. en 1860
— plus de 300 m. en 1890 (Puits Armand).

1890 - 1905 :

Percement de la GALERIE DE LA MER reliant Marseille aux Exploitations de Gardanne et de Gréasque (longueur 14 km.). Ce magnifique et difficile travail souterrain permet l'écoulement naturel d'une grande partie des fortes venues d'eau du Bassin et le roulage jusqu'à Marseille d'un tonnage important de charbon.

1925 - 1949 :

Mise en service de quatre puits parfaitement équipés :

1925	Puits Hély d'Oissel	à GREASQUE
1929	Puits Courau	à MEYREUIL
1930	Puits Germain	à VALDONNE
1949	Puits Gérard	à GARDANNE

Ces quatre sièges assurent actuellement la production totale du Bassin.

Cette production, qui s'élevait à 17.000 tonnes en 1810, atteint 500.000 tonnes en 1900.

Jusqu'en 1940, elle oscille autour de 600 à 700.000 tonnes, excepté au cours des périodes de pénurie de combustibles, pendant lesquelles le tonnage produit a pu être doublé.

Depuis 1940, le niveau de production est voisin de 1.000.000 tonnes par an.

L'effectif ouvrier passe de	200	en 1810
à	2.300	en 1900
Il atteint	4.000	en 1950

C. - Situation actuelle du Bassin de Provence Son avenir

1946 :

Loi de Nationalisation des Houillères, qui fait disparaître les trois Sociétés concessionnaires et les remplace par un Etablissement public, à caractère industriel et commercial.

C'est l'acte de naissance des HOUILLERES DU BASSIN DE PROVENCE.

Les programmes d'exploitation et d'équipement sont, dès lors, étudiés et réalisés à l'échelle Bassin.

Le Siège de GERARD, décidé et commencé par l'ex-Société Nouvelle des Charbonnages des Bouches-du-Rhône, en raison même de sa situation au cœur du Bassin et des possibilités de son équipement, voit son rôle devenir primordial. Il est et sera, de plus en plus, le terme principal de la formule actuelle et future de production du BASSIN DE PROVENCE.

Au jour,

l'effort de modernisation des HOUILLERES DE PROVENCE s'est porté essentiellement sur l'amélioration et l'extension des ateliers de traitement des charbons.

Par ailleurs, pour utiliser rationnellement certains combustibles de qualité secondaire, les HOUILLERES DU BASSIN DE PROVENCE ont édifié à GARDANNE une Centrale électrique d'une puissance de 50.000 kw. Mise en service en 1954, elle est déjà en pleine voie de développement.

Au fond,

les conditions générales d'exploitation ont été profondément transformées par la mécanisation de l'abatage et des transports par la généralisation de l'emploi de l'énergie électrique, par la réalisation progressive d'un projet de concentration des travaux.

En menant ainsi à bonne fin ce vaste programme de modernisation, les HOUILLERES DU BASSIN DE PROVENCE ont réalisé la difficile synthèse des enseignements, fruits d'une longue expérience de l'exploitation d'un gisement relativement difficile (venues d'eau, coups de toit, feux...) avec les audaces d'une technique minière d'avant-garde.

Et cela explique les résultats remarquables obtenus ces dernières années par les HOUILLERES DU BASSIN DE PROVENCE.

Le rendement par ouvrier, lequel concrétise la productivité d'une exploitation minière, est comparable, parfois supérieur à celui du Bassin Lorrain considéré en France et à l'Etranger comme Bassin Pilote.

Si le lignite est relativement peu important en France, le Bassin de Provence représente dans notre région une source d'énergie primordiale.

3.000 ouvriers y travaillent.

Industriellement, cette exploitation est au premier rang de nos industries locales.

Médicalement, elle justifie cette étude.

CHAPITRE PREMIER

LES POUSSIERES

PRELEVEMENTS — MESURE — ANALYSE

Les poussières occupent dans l'industrie une importance qui a toujours préoccupé à la fois les techniciens et les hygiénistes. Pour les premiers c'est une question de poids, de matières inutilisées, pour les seconds c'est une question de nocivité de certaines d'entre elles.

En ce qui concerne les pneumoconioses, la nocivité d'une poussière désigne sa capacité d'engendrer dans le poumon de celui qui la respire, des troubles fonctionnels. Le premier facteur de cette nocivité, parmi plusieurs autres, que nous aurons l'occasion d'étudier au cours de ce travail, est la *taille des particules*.

Cette taille dépend, lors de la formation de la poussière, d'une part de la qualité du minerai en cause et, d'autre part, des méthodes d'exploitation. Par exemple, plus la matière est dure, plus les poussières sont fines. Quoiqu'il en soit, les poussières qui intéressent la pathogénie des pneumoconioses répondent à une première condition : elles doivent être *inférieures à 5 microns*. En effet, au dessus de 5 microns, les particules ne pénètrent pas dans le parenchyme pulmonaire.

L'étude d'une atmosphère poussiéreuse en vue de déterminer son risque silicotique comporte pratiquement, pour les poussières volantes, les déterminations suivantes :

1° Mesures de concentration et granulométrie.
Sont faites au microscope.
Demandent une quantité infime de matière.

2° Dosage des constituants ;

3° Les tests biologiques de nocivité.

Ces deux dernières mettent en jeu des poids plus importants, de l'ordre du gramme. Ce sont des échantillonnages importants.

I. - Procédés de prélèvement et de mesure

A) Des méthodes de mesure directe ont été proposées pour doser les poussières d'une atmosphère polluée. Parmi les mesures directes qui ne permettent pas l'échantillonnage, on trouve essentiellement la « tyndallométrie » (on détermine la concentration de l'aérosol en mesurant l'intensité de la lumière diffusée par les particules dans une direction déterminée), ce qui permet de les compter et d'en déduire la

concentration numérique. Cette méthode n'apporte pas de modification des particules, mais ne donnent aucun renseignement sur leur forme, leur état d'agrégation et leur granulométrie. Il faut procéder en général, en deux étapes :

1° prélever l'échantillon ;

2° — l'examiner ;
— l'analyser ensuite.

B) Méthodes de mesures après captage.

On doit obtenir un échantillon en tout point représentatif de l'intensité et de la nature de l'empoussiérage et qui permette en outre un examen et un comptage à la fois rapides et précis. Il y a souvent formation d'agrégats artificiels, les particules ayant tendance à s'agglomérer les unes les autres en amas parfois importants et qui masquent, à l'examen, le facteur dimension si important.

En outre, les possibilités nouvelles offertes par la microscopie électronique demandent des échantillonnages permettant le dépôt des submicroniques sur des supports appropriés.

Il existe trois catégories d'appareils à prélèvements :

1° Sédimentation et percussion ;
2° Utilisation de l'action d'un champ de force ;
3° Utilisation de la filtration.

1) *Sédimentation et percussion* : Le plus simple est représenté par la sédimentation sous l'effet de la pesanteur. Il va sans dire que cela est insuffisant, à cause des particules fines qui sédimentent très lentement ;

2) *Les précipitateurs thermiques ou électrostatiques* : Une particule placée dans un gaz parcouru par un flux de chaleur se déplace, par rapport au gaz, dans le sens des températures décroissantes. Mais étant donné que la force exercée sur les particules est perpendiculaire au courant d'air dans l'appareil, il se produit des concentrations variables sur toute l'étendue du dépôt. Cependant, on peut noter des effets secondaires, les particules déposées pouvant modifier le champ dans leur voisinage et attirer ou repousser les particules en suspension.

Le précipitateur électro-statique présente les mêmes avantages et inconvénients. Cependant, il a un pouvoir de captation de grand rendement.

3) Aussi la préférence va-t-elle aux procédés de *prélèvement par filtration* ; on projette des particules à grande vitesse sur une paroi où elles se déposent et demeurent fixées.

Cette barrière peut être liquide (c'est le Midget-Impinger) ou solide (filtres en papier, filtres solubles ou filtres volatils). Le filtre peut être un papier (feutrage d'aiguilles de tétrachloronaphtalène soluble dans le benzène). Ce type de filtre présente deux inconvénients :

— implique la mise en suspension dans un milieu liquide, donc destruction des agrégats naturels et apparition d'impuretés au cours des manipulations ;

— l'analyse au microscope des échantillons ne peut être faite directement à cause de la texture même du support.

Aussi la filtration faite sur membrane cellulosique est-elle plus séduisante.

D'une part, elle réalise un dépôt uniforme et, d'autre part, permet l'examen direct au microscope.

Ce sont les membranes d'ultra-filtration, en nitrocellulose, à grande porosité (allant jusqu'à une centaine d'Angstroems) qui sont le plus employées actuellement. Le dépôt est régulier grâce à une perte de charge et à une densité de pores uniformes.

On peut l'observer directement au microscope optique jusqu'à 0,2 à 0,3 microns. Si les particules sont transparentes on se sert du microscope à contraste de phase. Signalons enfin que ces membranes présentent un avantage très important : possibilité de rendre la membrane transparente par un solvant approprié (huile de cèdre, acétate d'amyle, selon la membrane). On peut alors examiner entre lame et lamelle en fond clair ou en fond noir. Le comptage est simple.

L'emploi des membranes nitrocellulosiques n'est encore que du domaine du laboratoire.

Pour effectuer le prélèvement, la membrane est montée, comme le filtre soluble, sur un dispositif d'aspiration avec éjecteur à air comprimé, muni d'un instrument de mesure de débit.

Une mesure comparative de ces différentes méthodes de prélèvement faite par Le Bouffant et Soulé, 1953 (47), montre la supériorité de la membrane à micropores vis-à-vis du filtre soluble chaque fois qu'il y a agrégats nombreux. Les résultats sont identiques lorsque ces derniers sont peu nombreux (lorsqu'il y a surtout des particules fines).

Enfin, ils sont d'une grande simplicité d'emploi.

Le comptage et la mesure de la répartition des tailles des particules se font au microscope optique habituellement. Des procédés automatiques ont été décrits (Le Bouffant et Soulé) (28), par balayage de l'image photographique représentant les particules sous forme de tâches transparentes sur un fond noir, par un rayon lumineux qui traverse la préparation chaque fois qu'il rencontre une particule. L'enregistrement est automatique ; le rayon frappe une cellule photoélectrique dont les quantités d'électricité qu'elle fournit sont intégrées dans un condensateur qui commande des circuits numérateurs réglés à des seuils différents.

Avec des supports spéciaux on peut utiliser le microscope électronique. Mais ce n'est qu'une technique de recherches et non d'application courante.

II. - Caractérisation chimique

La poussière caractérisée au point de vue quantitatif doit l'être du point de vue qualitatif. La connaissance de la nature des constituants est capitale.

Cette analyse, ainsi que les tests biologiques nécessitent des quantités importantes. Il faut des prélèvements de l'ordre du gramme Ces échantillonnages ne peuvent servir aux mesures microscopiques car les poussières sont recueillies en couches compactes à partir desquelles il n'est pas possible de reconstituer l'état initial des suspensions de poussières. Aussi, deux modèles d'appareils de prélèvement des poussières sont nécessaires. L'un fournit des échantillons peu denses qui, par examen direct au microscope, permettent d'établir la concentration numérique et la granulométrie, l'autre fournit les échantillons massifs destinés aux dosages et aux tests biologiques. Les échantillonnages pour ces derniers sont effectués par filtration sur une membrane micropore soluble ou non. Le principe de l'appareil est simple : aspiration de l'air poussiéreux à travers une membrane supportée par un matériau poreux. La dépression derrière la membrane étant créée au moyen d'un éjecteur à air comprimé et le débit étant contrôlé au moyen de deux manomètres à aiguilles dont l'un indique la dépression derrière la membrane, et l'autre la dépression créée par un diaphragme placé en avant de la membrane.

Cet appareil se différencie des appareils de mesure par une surface de membrane filtrante plus grande et un débit d'air filtré baucoup plus important.

Le corps dont l'importance semble la plus grande du point de vue des pneumoconioses est le quartz. C'est lui qui a fait l'objet de plus grand nombre de méthodes de dosages.

Trois méthodes peuvent être utilisées pour la détermination de la teneur en quartz ou silice libre :

a) - méthodes chimiques.
b) - par analyse thermique différentielle.
c) - par diffraction des rayons X.

a) - Chimiques. — Le travail de Blanzat et Barbe, 1953 (4), expose les avantages de la méthode microchimique de détermination de la silice libre dans les poussières de mine. En raison de la petitesse des échantillons, il a été nécessaire de recourir à une technique microchimique. Le principe général des méthodes chimiques est l'attaque fractionnée par un réactif chimique qui dissout les silicates sans altérer la silice libre. On sépare et on pèse la silice résiduelle. L'acide phosphorique attaque entièrement tous les silicates, mais une fraction de la silice est aussi dissoute et cette fraction est d'autant plus importante que les grains sont plus fins. On remédie à ce dernier inconvénient en construisant une courbe d'étalonnage au moyen de mélanges de quartz et de silicate dans lequel le quartz se trouve à une granulométrie voisine de celle à laquelle on le rencontre dans les poussières des atmosphères de mine.

Cette méthode permet de travailler sur de petites quantités de poussières (quelques milligrammes). Elle est précise, compte tenu de la correction due à la taille des particules, mais longue et délicate.

b) - La deuxième méthode de l'étude du dosage du quartz est

celle de l'ANALYSE THERMIQUE DIFFÉRENTIELLE. Cette étude a été entreprise (Boyer, 1953) (5) devant les difficultés des méthodes chimiques de dosage du quartz lorsque les poussières sont inférieures à 3 microns. Principe : à 573 degrés C il y a changement de l'état cristallin du quartz forme α en forme β) avec absorption importante de chaleur. La courbe thermique décrit à ce moment un « pic » dont la surface est proportionnelle à la quantité de quartz cristallisé.

Nous verrons plus loin que toute la silice libre des poussières n'est pas cristallisée et échappe à la transformation endothermique. Là encore on a des résultats par défaut et une courbe de correction est nécessaire.

c) - Enfin, la méthode d'analyse PAR DIFFRACTION DES RAYONS X est rendue quantitative par adjonction d'un étalon interne. On mélange à la poudre dans laquelle on veut doser le quartz une substance de référence en quantité connue et on compare les intensités des raies des deux substances en se référant à des étalons.

Là encore, on ne dose que la silice cristallisée et une partie échappe à la mesure. On obvie à cet inconvénient par des courbes obtenues avec des quantités connues de quartz de même granulométrie.

La diffraction des rayons X permet aussi la détection et éventuellement le dosage de tous les minéraux cristallisés présents dans la poussière étudiée. C'est ainsi que l'on peut caractériser par exemple le mica, le kaolin, la calcite, etc... dans les échantillons. On voit immédiatement le rôle prépondérant que la technique joue dans l'analyse des poussières industrielles. Elle a malheureusement l'inconvénient de nécessiter un appareil coûteux et compliqué et l'analyse des résultats par des spécialistes.

Nous voici en possession des renseignements essentiels relatifs aux particules minérales : nombre, répartition de taille, composition minéralogique et plus particulièrement teneur en quartz ou silice libre.

Nous devons progresser dans notre étude en estimant la nocivité biologique de nos échantillons. Cette notion ne peut nous être fournie que par des tests sur des animaux vivants.

CHAPITRE DEUXIEME

EFFETS BIOLOGIQUES DES POUSSIERES
LE TEST PERITONEAL

Reproduire chez l'animal les lésions observées chez l'homme est un des premiers buts de l'expérimentation. Arriver à les reproduire, ce n'est pas forcément en expliquer le mécanisme. Les réactions et les conditions d'expérimentation ne sont pas toujours superposables. Cependant, l'étude sur l'animal permet d'élaborer, de confirmer ou de contredire des hypothèses explicatives. A l'échelle de la cellule et du tissu on peut établir un certain nombre de faits tout à fait similaires à ceux observés chez l'homme. Nous verrons qu'en ce qui concerne les réactions du tissu conjonctif du péritoine du rat et de celui du parenchyme pulmonaire de l'homme, les processus réactionnels frappent par leur similitude. C'est en ce qui concerne les réactions de l'organe que les différences d'espèces jouent un rôle très important.

A l'échelle du tissu et de la cellule, on peut donc tirer des conclusions à partir des données de l'expérimentation animale.

Dans le domaine des pneumoconioses, le problème de l'étude biologique des poussières est au premier plan. Cette étude est indispensable à la connaissance des facteurs essentiels de la maladie et à l'établissement des méthodes de lutte contre les poussières.

Dans l'exposition de ces méthodes d'étude, nous nous sommes largement référés aux publications de MM. Policard, 1950 (69) et Policard et Collet, 1954 (73).

Si, d'une façon générale, la nocivité désigne la capacité d'une poussière d'engendrer dans le poumon de celui qui la respire des troubles divers dont l'ensemble constitue l'état désigné sous le nom de « pneumoconiose », au point de vue expérimental elle a un sens plus restreint : c'est la capacité fibrosante d'une poussière. Une poussière nocive est celle qui provoque la fibrose du territoire organique où elle s'accumule.

Cette nocivité des poussières peut être étudiée par deux méthodes principales :

A - Expérimentation par la voie pulmonaire.

B - Expérimentation sur d'autres tissus conjonctifs.

A :

On s'est tout d'abord et naturellement adressé à la voie pulmonaire. Quatre techniques essentielles y figurent :

— *l'inhalation* :

On place un groupe d'animaux dans une cage où circule un courant de poussières. Sa réalisation technique est difficile (l'appareil le plus utilisé actuellement semble être celui de Wright - Pneumoconiosis Unit à Cardiff) qui permet d'obtenir de façon régulière et pendant de longues périodes 70.000 particules par cm3 et pendant 8 à 10 heures par jour.

Le gros inconvénient de cette méthode est sa lenteur. Il faut des expositions de 10 à 18 mois pour obtenir des résultats.

— *l'injection trachéale* (Kettle) (59) :

D'une solution aqueuse de poussières stérilisées. Elle nécessite une anesthésie générale, une découverte de la trachée. Les infections pulmonaires sont fréquentes. Ici encore, lenteur de l'expérimentation : 10 à 12 mois.

— *l'insufflation trachéale* (Naeslund) (66) de poussières par le nez.

— signalons l'injection par *voie nasale* d'une suspension de poussières par sonde.

On obtiendrait par ces méthodes des granulomes analogues à ceux observés chez l'homme. Cependant, ils sont différents des nodules silicotiques (Policard, 1938) (72), typiques, avec centre fibrohyalin, acellulaire et souvent privé de poussières, couche fibreuse périphérique riche en cellule, faite de fibres collagènes et renfermant d'abondantes particules minérales.

B :

Introduction de poussières dans d'autres territoires conjonctifs ayant un comportement biologique comparable à celui du poumon. En effet, celui-ci, à l'exception des conduits bronchiques est un organe conjonctif qui présente un comportement tissulaire analogue à celui de tous les autres tissus conjonctifs.

On peut s'adresser :

— au tissu cellulaire sous-cutané,
— au péritoine,
— à la plèvre,
— à la chambre antérieure de l'œil,
— aux cavités articulaires,
— à l'endothélium vasculaire,
— au tissu cornéen (Policard).

— *Le tissu cellulaire sous-cutané* (Gye, Kettle, 1932) (58), (Clark, Philadelphie) :

Ces auteurs injectent par voie hypodermique une suspension de SiO_2, et par une fenêtre de matière transparente laissée à demeure, ils suivent l'évolution pendant des semaines des granulomes. C'est une technique délicate.

— *L'injection intra-péritonéale :*

Imaginée par Mavrogordato, en 1922, reprise par Sayers et Miller en 1934 (61, 62, 63, 64, 65) aux U.S.A. et en France par le Professeur Policard. Elle consiste en l'injection intra-péritonéale d'une suspension aqueuse de poussières à raison de 2 cm3 d'une suspension contenant 1 gr. de poudre pour 20 cm3 de sérum physiologique (100 mmgr. de poudre).

L'asepsie est réalisée par stérilisation de la poussière à chaleur sèche ou addition de pénicilline (c'est la même suspension que pour les injections intra-trachéales).

On sacrifie l'animal au bout d'un mois.

Nous reprendrons plus loin le détail de cette technique et le devenir des poussières injectées.

— *L'injection intra-pleurale :*

Est une technique délicate et peu utilisée.

— *Le dépôt des poussières dans la cornée :*

Policard et Rollet, 1931 (74), dont le revêtement est constitué par du tissu conjonctif.

C'est un examen de choix sur le vivant. L'examen se fait à la lampe à fente de Gulstrand.

— Enfin, des méthodes utilisent des *cultures vivantes de tissus* (Policard).

— *L'injection intra-veineuse* (Gardner, 1933) (56) et *lymphatique* (Drinker, 1934) (55).

CRITIQUES

— Choix d'une méthode —

Les méthodes les plus couramment employées sont l'inhalation, le test intra-péritonéal, l'injection intra-trachéale.

L'inhalation se rapproche le plus des conditions humaines d'empoussiérage et c'est avec cette méthode que l'on a obtenu les lésions qui reflètent le plus celles que l'on constate chez l'homme.

Cependant, il y a deux inconvénients :

— Un mineur : la régularité de l'empoussiérage est difficile à obtenir pendant de longues périodes.

— Un majeur : il faut un à deux ans pour que se développent ces lésions.

« Elle doit être employée car sert de contrôle à longue échéance aux autres techniques. Enfin, c'est elle qui sera utilisée pour l'étude des méthodes de lutte contre les poussières. Les granulométries les plus fines, coniométrie, les analyses minéralogiques des poussières et tous les tests d'estimation d'une atmosphère poussiéreuse cèdent le pas devant ce seul test important ». (Policard) (69).

Le test trachéal est de réalisation simple. Mais toute lésion pulmonaire observée n'est pas forcément solicotique. Les causes de fibroses pulmonaires sont multiples.

Le test péritonéal est de courte durée — un mois — Il s'adresse aux réactions du tissu conjonctif. Facilité de l'observation macro et microscopique. Il y a peu de retentissement sur les fonctions vitales de l'animal. La taille et la quantité des poussières influent sur les lésions : cependant, il faut pour comparer les résultats, se servir d'échantillons parfaitement semblables quant à leur granulométrie et à leur quantité.

*
* *

En conclusion :

Lorsque l'on veut estimer la nocivité d'un échantillon de roche ou de poussière ou comparer la nocivité d'une série d'échantillon, il est plus simple et plus rapide de s'adresser à la technique intra-péritonéale ou intra-trachéale. La première est obtenue au bout d'un mois, la deuxième demande au minimum quatre ou cinq mois.

Lorsqu'il s'agit d'estimer l'efficacité des méthodes de lutte contre les poussières, il faut, au contraire, de toute nécessité, utiliser la technique de l'inhalation. Il en est de même pour l'étude des poussières dites « protectrices ».

Enfin, la technique expérimentale est un moyen d'analyse. Elle ne doit jamais perdre de vue les observations de la pathologie minière. C'est ce qui nous a conduit à la deuxième partie de ce travail (étude clinique et fonctionnelle). Nous le rappelerons lorsque nous l'entreprendrons.

« Ce qui compte, en définitive, c'est l'action de la poussière de la mine sur le mineur ».

*
* *

— Le test péritonéal —

Il est un des plus employés :

— Policard en France (1941) (70).
— Ruttner en Suisse (1950).
— Curran à Glasgow (1592) (54).
— Schiller en Allemagne (1951) (75).
— Margarey à Cardiff (1952) (60).
— Vigliani en Italie (1951) (78).
— Lundgren et Svenson en Scandinavie.

La cavité péritonéale, nous l'avons dit, représente une grande fente conjonctive, à laquelle s'ajoute un feuillet très réactif : l'épiploon. L'introduction de poussières minérales à son niveau y provoque une série de réactions cellulaires et conjonctives que nous allons analyser.

Quel est le devenir des poussières injectées en suspension aqueuse, isotonique.

A :

Il y a rapidement agglutination des particules en amas. Ces paquets se fixent parfois sur la paroi abdominale et à la surface des divers organes en « gros nodules » (plus gros que 3 mm.). Ils n'ont pas de signification. Ils représentent une réaction non spécifique, banale, vis-à-vis d'une trop grande quantité de poussières. Cette réaction se constate avec des poussières nocives ou non.

Le caractère du nodule non spécifique est sa coque fibro-cellulaire mince, limitant un magma de particules non phagocytées.

B :

Une partie importante et souvent les poussières les plus fines s'agglutinent en amas plus petits et se fixent sur l'épiploon au niveau des « plaques laiteuses » de Ranvier (milky spots), qui représentent des centres d'accumulation d'histiocytes jeunes doués d'un grand pouvoir de phagocytose.

Dans le cas de poussières toxiques, il y a nécrose des cellules et inflammation aiguë aseptique (congestion, œdème, pullulation des cellules et finalement fibrose) et formation de petites nodules « miliaires » ou « granulations miliaires » de 1 à 2 mm., homogènes et durs. Ces granulations miliaires peuvent confluer et former des masses cellulaires et fibreuses volumineuses.

La constatation de ces lésions, un mois après l'injection, permet d'affirmer que les poussières sont « réactives », c'est-à-dire qu'elles possèdaient une certaine nocivité.

L'intensité de la réaction et la rapidité de sa formation sont en rapport avec le degré de nocivité.

Avec des poussières « inertes », « non réactives », comme le charbon, les plaques laiteuses apparaissent comme de très petites tâches de 0,5 à 1 mm. de diamètre. Ces tâches sont aplaties, jamais surélevées comme les « granulations miliaires ». Il n'y a pas de réaction inflammatoire, pas d'œdème, ni de fibrose.

L'observation au microscope de coupes colorées complètera le plus souvent possible, ces observations quelque peu grossières.

A ces éléments du test péritonéal : gros nodule et petites granulations épiploïques miliaires (décrites par Miller et Sayers, Gardner), Policard et Collet ont ajouté un élément nouveau (1952) (71) : entre la cavité péritonéale et les ganglions trachéobronchiques existent des communications faciles et importantes à travers le diaphragme et le médiastin. Une partie des poussières gagne très rapidement (en moins de 5 heures) ces ganglions.

Fait important, l'étude macro et microscopique de ces ganglions trachéobronchiques montre que les particules que l'on y trouve sont

fines (plus petites que 5 microns). Ceci tient à ce que les poussières qui arrivent à leur niveau ont été en quelque sorte triées par leur passage à travers les capilaires lymphatiques. Les réactions des ganglions sont du même ordre que celles des plaques laiteuses : œdème, dégénérescence cellulaire, plus tardivement fibrose avec les particules nocives. Dans le cas des poussières inertes, non réactives, celles-si sont simplement déposées dans le tissu ganglionnaire qui n'est ni hypertrophié, ni fibrosé.

En résumé, la longue expérience qu'ont ces auteurs des tests péritonéaux les ont conduit aux conclusions pratiques suivantes :

Après un mois, l'injection intrapéritonéale de poussières entraîne chez le rat :

1° - gros nodule (4 mm. à 10 mm.) peu nombreux, constitué par un magma central nécrosé, avec poussières très abondantes, entourés d'assises fibreuses concentriques minces. Ce sont des lésions kystiques banales sans valeur d'interprétation.

2° - les dépôts « inertes », au niveau des « plaques laiteuses » de l'épiploon, très petites (0,5 à 1 mm.) sans réaction cellulaire, ni fibreuse environnante. On doit conclure : poussière qualitativement non nocive.

3° - formation au niveau des « plaques laiteuses » de l'épiploon, en particulier, de « granulations miliaires » de 2 à 3 mm., en partie cellulaire, en partie fibreuse.

On doit conclure : poussière nocive.

4° - les ganglions trachéobronchiques ne sont pas modifiés. Ils présentent microscopiquement des cellules à poussières, mais sans réaction cellulaire ni fibreuse.

On doit conclure : poussière qualitativement non nocive.

5° - les ganglions trachéobronchiques sont hypertrophiques. Ils montrent microscopiquement des groupes de cellules dégénérées et parfois de la fibrose.

On doit conclure : poussière nocive.

Ces auteurs insistent sur le fait que ces tests ne permettent pas une mesure quantitative de la nocivité de la poussière, tout au moins en n'utilisant que l'observation macro et microscopique des lésions.

Pour mesurer les réactions et les comparer, il faut effectuer des dosages chimiques de la substance collagène, formée par les poussières nocives. Ces mesures sont, pour l'instant, du domaine du laboratoire de recherche.

Du point de vue qualitatif, les tests biologiques n'en présentent pas moins un très grand intérêt. Ils sont seuls à apporter une donnée essentielle pour l'estimation de la nocivité d'un chantier : la nocivité de la poussière. Il faut souligner qu'il s'agit de la nocivité propre de la poussière, de sa nocivité spécifique pourrait-on dire. Pour appliquer cette donnée à la pathologie humaine, il faut savoir comment et combien cette poussière parviendra et demeurera dans le parenchyme pulmonaire.

CHAPITRE TROISIEME

ETUDE EXPERIMENTALE DES POUSSIERES DE GARDANNE

I. - CONDITIONS DE PRELEVEMENT DE POUSSIERES

A. - Prélèvement dans un chantier au rocher.

a) - Chantier.

Puits Gérard - Travers-banc Est à — 250, au toit du faisceau Mauvaise Mine - Grande Mine. Le travers-banc, tracé en terrain calcaire, de section 3,70 x 2 m. 5, est en ferme sur 200 m. L'aérage, soufflant (3 m3/s.) est effectué par canars et ventubes de 300 mm. arrivant à 30 m. du front.

La foration (30 trous de 2 m. 20 pour la section) est effectuée à sec par deux marteaux Montabert L 57 sur Jumbo Sotim.

On titre 20 kg. de gomme BAM pour la section. Le chargement est effectué avec une pelle mécanique Eimco 21.

Le personnel est de 3 ouvriers, travaillant à 3 postes (2 cycles en 3 postes).

L'atmosphère du chantier est assez empoussiérée pendant la foration.

b) - Prélèvement.

Prélèvement n° 1. — Ce prélèvement a été effectué à 3 m. derrière la chargeuse ou le jumbo, à 1 m. 50 du sol, avec un appareil à papier filtre Cerchar.

Le prélèvement a duré 2 h. 30 pendant lesquelles le personnel a chargé durant 30 minutes et foré pendant 2 heures.

— Volume d'air aspiré : 360 m3.
— Poids de poussières recueilli : 33,9 g.
— Teneur approximative en poussières : 94 mg/m3.

B. - Prélèvement dans un chantier au charbon.

a) - Chantier.

Couche Mauvaise Mine à — 239 (chambre en traçage). Le charbon est havé et tiré. La section est ensuite aménagée au marteau piqueur.

Le déblocage est effectué à la pelle à main sur couloir oscillant. Il n'y a pas d'aérage secondaire.

Le personnel est de 4 ouvriers.

Le chantier semble, à l'œil, peu empoussiéré.

b) - PRÉLÈVEMENT.

Les prélèvements ont été effectués à 1 m. du perforateur ou de la haveuse et à 1 m. du sol.

Prélèvement n° 2. — (1 appareil derrière la haveuse). Ce prélèvement a duré 1 heure pendant laquelle on a havé durant 20 minutes.
— Volume d'air aspiré : 144 m3.
— Poids de poussières recueilli : 6,2 g.
— Teneur approximative en poussières : 43 mg/m3.

Prélèvement n° 3. — (2 appareils derrière la haveuse). Ce prélèvement a duré 1 h. 15 pendant laquelle on a havé durant 40 minutes.
— Volume d'air aspiré : 360 m3.
— Poids de poussières recueilli : 18,4 g.
— Teneur approximative en poussières : 51 mg/m3.

Prélèvement n° 4. — (1 appareil derrière le perforateur). Ce prélèvement a duré 1 h. 15 pendant laquelle on a foré pendant 1 h.
— Volume d'air aspiré : 180 m3.
— Poids de poussières recueilli : 8,3 g.
— Teneur approximative en poussières : 46 mg/m3.

II. - ANALYSE ET ETUDE BIOLOGIQUE DES POUSSIERES

Cette étude comporte 3 éléments :

1°) - Prélèvement d'une quantité notable de poussières aériennes dans quelques chantiers représentatifs. (Nous venons d'en décrire les caractéristiques).

2°) - Triage de la fraction inférieure à 5 microns de cette poussière (fraction susceptible de pénétrer dans les poumons) et analyse chimique de la poussière portant essentiellement sur la détermination de la silice libre.

3°) - Etude de la nocivité des échantillons à l'aide du test péritonéal.

Triage et analyses.

Ces divers prélèvements ont été regroupés puis triés par cyclônes à Verneuil pour séparer la fraction inférieure à 5 microns. En définitive, les échantillons ayant servi aux tests ont été étiquetés : *rocher*, pour le chantier au rocher ; *havage* et *forage* pour le chantier au charbon. Le tableau n° 1 fournit la répartition de taille des particules des trois échantillons. Cette répartition est conforme à la règle générale : les poussières provenant des chantiers au rocher renferment plus de fines particules que celles provenant de travaux au charbon.

Diverses analyses chimiques ont cherché à caractériser chacun des

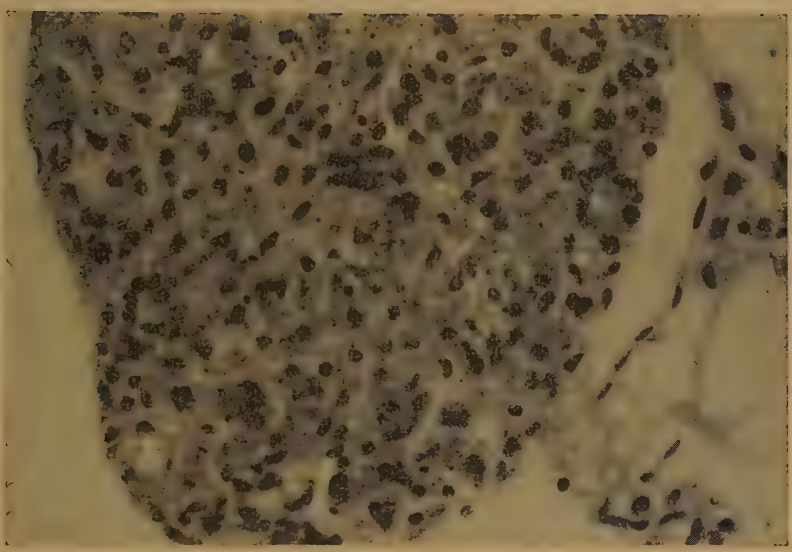


FIG. n° 1. — *Poussières de rocher. Dépôts épiploïques de phagocytes*
Grossissement 460 x

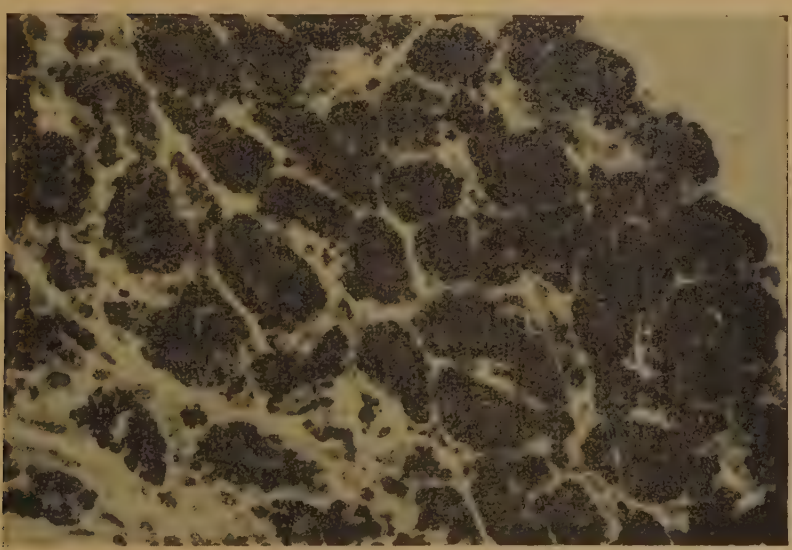


FIG. n° 2. — *Poussières de charbon (havage).*
Type de dépôt inerte dans l'epiploon.
Grossissement 460 x.

échantillons. Le résultat le plus important est fourni par le dosage du quartz. Ce quartz est, en effet, un facteur particulièrement important de la nocivité d'une poussière.

Les résultats des analyses chimiques sont consignés dans le tableau n° 2. On note à la lecture de ce tableau la faible teneur des poussières du chantier au rocher en quartz. Cette teneur est légèrement supérieure à celle de poussières de chantiers *au charbon* précédemment étudiés. Un autre renseignement présente un intérêt pratique, c'est la teneur en matières volatiles de la poussière « au rocher », indice de la présence d'une grande quantité de carbonates. Or, ces derniers, sont solubles dans les tissus vivants. Les poussières provenant du chantier au charbon ont peu de caractères particuliers, sauf une différence marquée entre la teneur en cendres et en silice totale pour la poussière de forage, différence que l'on peut interpréter de la même manière que celle de la poussière de rocher.

Test péritonéal.

Après un mois d'évolution, les *examens à l'œil nu* des 3 séries de tests ont fourni les renseignements suivants :

a) - Rocher : Les dépôts minéraux sont en faible quantité, indiquant qu'il y a eu résorption d'une partie de l'échantillon par dissolution (calcaire). Par ailleurs, on ne relève aucun signe de nocivité.

b) - Charbon : Havage et forage donnent une réaction identique : dépôts abondants, d'allure inerte.

Les *examens microscopiques* portent essentiellement sur des organes « réactifs » que les poussières modifient de préférence. Ces organes sont l'épiploon et les ganglions lymphatiques du thorax et de l'abdomen où aboutissent les particules phagocytées cheminant avec la lymphe.

a) - Rocher : Les lésions consistent en amas de cellules conjonctives ayant phagocyté des particules, amas plus ou moins volumineux. De façon générale, les dépôts de particules sont peu abondants, soulignant la dissolution partielle des poussières injectées. Les particules biréfringentes sont très peu nombreuses en général. Les colorations spéciales qui permettent de mettre en évidence le début de la fibrose (fibres de réticuline) montrent une réaction fibreuse se développant entre les phagocytes, réaction faible mais très nette. Les lésions ganglionnaires sont peu caractéristiques : dépôts de phagocytes, d'abondance moyenne, très pauvres en particules biréfringentes, n'ayant pas déterminé de réaction tissulaire. (Fig. n° 1).

On peut conclure de ces examens que la poussière de rocher a déterminé au bout d'un mois une réaction fibreuse légère. Sa nocivité est très faible, mais nette.

b) - Havage : Dans l'épiploon, on ne constate que des dépôts de phagocytes qui n'ont déterminé aucune réaction, ni cellulaire, ni fibreuse. On observe des dépôts inertes, souvent rencontrés avec les charbons purs, dans lesquels les colorations spéciales ne révèlent

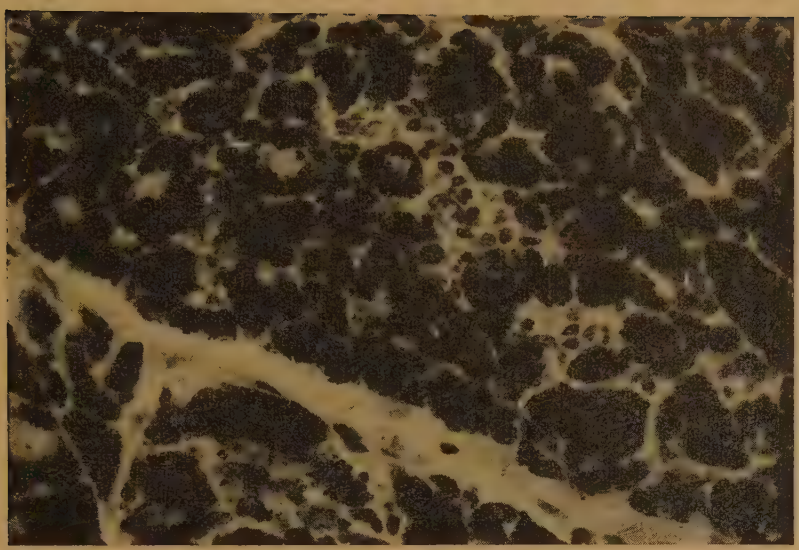


Fig. n° 3. — *Poussières de charbon* (*forage*)
Dépôts superposables à ceux de la figure n° 2.
Dépôts inertes. Grossissement 460 x.

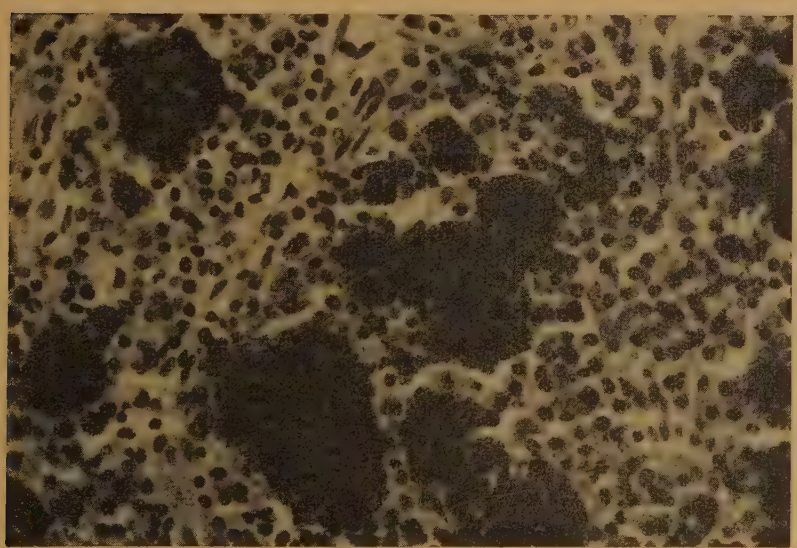


Fig. n° 4. — *Poussières de charbon* (*forage*)
Dépôts ganglionnaires identiques à ceux de la figure n° 4.
Dépôts inertes. Grossissement 460 x.

que des fibres conjonctives normales (fig. n° 2). De même, les ganglions lymphatiques ne renferment que des dépôts moyennement abondants de phagocytes très chargés de particules de charbon, dépôts tous inertes.

La poussière recueillie au cours du havage est donc inerte vis-à-vis des tissus, sa nocivité propre est nulle.

c) - Forage : Les observations sont en tous points superposables aux précédentes : les dépôts de l'épiploon sont inertes ou présentent une très faible réaction cellulaire. Il n'y a aucune réaction fibreuse, même débutante (fig. n° 3). Les ganglions lymphatiques renferment de rares dépôts n'ayant eux aussi déterminé aucune réaction tissulaire.

La poussière recueillie au cours du forage, comme celle du havage, est inerte vis-à-vis des tissus.

Quelques remarques sont utiles avant de conclure.

D'abord la teneur en quartz d'un échantillon paraît être sa caractéristique principale en ce qui concerne sa nocivité tissulaire. Ce que nous avons constaté avec les poussières de Gardanne a été vu à plusieurs reprises pour des poussières d'autres chantiers au charbon.

Le test péritonéal n'informe que sur la nocivité *propre* de la poussière essayée. Cela veut dire que dans l'estimation de la nocivité d'un chantier, il faut également tenir compte de la quantité de poussières.

Enfin, remarque qui concerne spécialement le gisement de Gardanne, la quantité importante de poussières calcaires fait que l'épuration pulmonaire est fortement aidée par la dissolution d'une fraction des particules. Les ouvriers bénéficient certainement largement de ce fait.

TABLEAU 1

REPARTITION DE TAILLE DES PARTICULES POUSSIERES DE GARDANNE (*Echantillons injectés*)

Microns	Rocher	Charbon havage	Charbon forage
< 1	56,5 %	34,7 %	45,1 %
< 2	85,2 %	67,9 %	78,8 %
< 3,5	94,6 %	90,5 %	92,8 %
< 5	98,6 %	98,8 %	99,3 %
< 7	99,3 %	99,5 %	99,5 %
< 10	99,5 %	99,9 %	100,0 %

Il s'agit de proportions numériques et non de proportions pondérales.

TABLEAU 2

POUSSIERES DE MINE DE GARDANNE

(*Analyse chimique*)

(fraction < 5 Microns)

Echantillon	Humidité	M. V.	Cendres	SiO_2 totale		quartz	Carbone		Hydrogène	
Rocher . .	0,9	37,67	61,2	18,3 19,6	18,9	4,7	13,24 13,13	13,2	0,79 1,02	0,9
Havage . .	4,7	42,9	25,5	9,5 9,7	9,6	1,9	49,31 49,77	49,5	3,70 3,55	3,6
Forage . .	5,6	27,9	37 %	13 13,7	13,3	1,5	42,00 41,82	41,9	2,94 3,20	3,1

CHAPITRE QUATRIEME

« LE CONFLIT DES POUSSIERES ET DU POUMON » LES FACTEURS DE RETENTION ET D'EPURATION

Entre l'étude expérimentale dont nous venons de faire état et l'étude clinique que nous aborderons bientôt, entre la poussière et l'homme qui la respire, il y a le problème de la pénétration, de la rétention et de l'épuration des particules par le poumon.

« Le conflit des poussières et du poumon » (Policard), 1949 (96), représente un des trois facteurs de nocivité des poussières (avec la teneur en SiO_2) et le nombre). Les deux phénomènes à considérer sont : la rétention et l'épuration.

La rétention.

Un exemple soulignera l'importance de cette rétention : Gessner cité par Schiller, 1953 (104), a calculé qu'un mineur respire pendant un poste de 8 heures 11.520 m3 d'air contenant en moyenne 80 mg. de poussières par cm3, c'est-à-dire en tout 922 mmg. de poussières plus petites que 5 microns.

Nous avons vu que les poussières qui intéressent la pathogénie des pneumoconioses répondaient à une première condition : elles doivent être inférieures à 5 microns pour pénétrer dans les alvéoles.

C'est pour les poussières de plus de 5 microns qu'interviennent efficacement les moyens d'épuration que représente le pharynx et surtout le nez. A partir de 5 microns, la courbe de rétention alvéolaire augmente pour atteindre un premier maximum autour de 1 micron. A ce moment-là, la courbe redescend, mais il semble qu'il y ait un deuxième maximum vers 0,1 micron.

La réalité de cette rétention, son étude, sa mesure peuvent être étudiées de différentes façons.

Tout d'abord, la notion de rétention s'appuie sur de nombreux faits : la mesure comparée de l'air inspiré et de l'air expiré la met bien en évidence.

Chez l'homme, l'étude en a été faite par Brown J.-H., Cook K.-M., Neyfg, Hatch H.-T. (1950) (81), qui mettent en circuit une certaine quantité de kaolin. Ils étudient la courbe de rétention : c'est ainsi que la rétention nasale va de 100 % pour 100 microns à 0 % pour un micron, que la profondeur de pénétration diminue avec la taille des particules et que la rétention augmente avec la diminution de la fréquence respiratoire.

La rétention des poussières a été récemment mise en évidence, grâce à l'uranium et aux isotopes radioactifs. C'est ainsi que Stokinger et ses collaborateurs (1951) (105), étudiant la rétention d'oxyde d'uranium insoluble à concentration et grosseur connues, constatent surtout le dépôt de petites particules (0,45 microns), plus que des grosses (2 à 6 microns). L'élimination des grosses particules est plus rapide et elle commence aussitôt après le dépôt.

L'étude des coupes au microscope permet de séparer artificiellement : d'une part, les particules microscopiques, visibles au microscope optique et, d'autre part, les submicroniques dont la taille est inférieure au pouvoir de résolution du microscope optique (0,2 micron). Elles doivent être étudiées au microscope électronique.

La rétention est déterminée par la taille des particules. Nous avons vu que jusqu'à 5 microns, il n'arrive rien dans les alvéoles. Cette taille qui commande le pourcentage de rétention alvéolaire (ou coefficient de rétention) est variable. Jusqu'à 0,2 micron, donc jusqu'aux poussières submicroniques, les auteurs s'accordent pour définir le maximum de rétention à 1 micron et le maximum de nocivité à 0,5 micron, car en dehors de la rétention, il est incontestable que la nocivité des poussières est en rapport avec leur surface (solubilité en particulier). Le maximum de surface se trouve à 0,5 micron.

Le dépôt maximum des fines dans les bronchioles et les alvéoles est compris entre 0,4 et 0,8 microns Davies (1949) (86), Brown (1950) (81). Ce dépôt se faisant par sédimentation. De 0,1 à 0,15 micron, 80 % sont évacués à nouveau.

En ce qui concerne les submicroniques, la discussion est toujours ouverte, les opinions sont très variables. Ce problème de la rétention des poussières sub et inframicroniques est très important. MM. Policard et Collet (1953 (98) illustrent leur importance par l'image suivante : entre les particules 0,015 microns (microscope électronique) et les particules de 10 microns, il y a le même rapport qu'entre un grain de charbon de 1 cm3 et un tas de houille de 52 tonnes ! Les particules de moins de 0,2 microns se comportent comme de grandes molécules gazeuses, animées de mouvement brownien de grande amplitude.

Signalons enfin que les fines proviennent essentiellement des travaux aux rocher. Policard, Collet et Ralyte (1954) (44), par l'étude au microscope électronique de poumons de mineurs, ont apporté une notion importante : contrairement au mineur au rocher, on ne trouve pas pour les mineurs au charbon de particules de moins de 0,1 micron. Ce fait avait d'ailleurs été signalé par Bedfort et Warner (1950) (80) qui, dans l'examen de coupes (par coloration et incinération) d'un poumon de boutefeu, mort de silicose, avaient trouvé que les plus grosses particules sont du charbon et parmi les autres particules, autres que le charbon, 86 à 87 % avaient un diamètre inférieur à 0,8 micron. La granulométrie et la numération des particules du chantier où avait travaillé le mineur donnaient des résultats superposables.

Des faits semblables sont rapportés par Cartwright et Nagelshmidt (1951) (95).

L'épuration.

On conçoit que dans le conflit poussières-poumon, ce dernier ait bien des raisons d'être souvent perdant.

Après l'étude sur la rétention des poussières du point de vue granulométrique, nous envisagerons quels sont les mécanismes de l'auto-épuration pulmonaire.

Toute poussière fixée ne l'est pas définitivement. L'épuration se fait par dissolution et par transport, lequel s'effectue principalement par phagocytose (les cellules alvéolaires modifiées).

Chez l'homme, cette épuration est facile à mettre en évidence. Mavrogordatto (1918), Cooke (1932) (99), signalent les différences entre les poumons de mineurs morts au cours du travail et ceux de mineurs morts en ayant quitté l'exposition depuis un certain temps. Policard (99) fait les mêmes constatations : sur des mineurs morts par accident ou maladie intercurrente, trouve des dépôts insignifiants de poussières. Les mécanisme de l'auto-épuration avaient joué.

Cette élimination étudiée expérimentalement, montre ses modalités. Récemment, l'étude a été faite avec des produits radioactifs : Cember, Hatch et Coll. (1954) (84), étudiant la rétention de particules de sulfate de barium radioactif, injecté par insufflations intra-trachéales, suivent l'épuration par auto-radiographie. Scott (cité par Policard) (99) se sert du plutonium. Tous ces auteurs soulignent la lenteur de l'épuration.

Policard et Collet (1954) (99), en étudiant l'histophysiologie de cette épuration et de son rôle dans la génèse des pneumoconioses, parlent du « facteur constitutionnel », terme couvrant un ensemble complexe de mécanismes fonctionnels dont un des plus importants est la propriété du poumon normal à se débarrasser automatiquement des particules étrangères qui y ont pénétré. Cette capacité d'auto-épuration (cette « lung clearance » des Anglo-saxons) est envisagée depuis longtemps dans la génèse des pneumoconioses.

Les publications récentes de Albert (1955 (79) et Cleave (1955) (106) confirment les travaux dont nous venons de parler.

Quant aux voies et aux mécanismes de l'auto-épuration pulmonaire, un schéma qu'a bien voulu nous confier le Professeur Policard (fig. n° 5 et n° 6).

— la voie bronchique, grâce à son « tapis roulant » de cils vibratiles (faisant 1 à 3 cm. à la minute) évacue une partie des grosses particules vers l'extérieur, sous forme d'expectoration rejetée par le réflexe de la toux ou encore par déglutition.

— la voie lymphatique. Au niveau des alvéoles, les particules sont reprises par la lymphe pulmonaire (de transudation du plasma sanguin) et peuvent soit retourner aux bronchioles, soit être entraînées vers le tissu interstitiel conjonctif. Là, M. Policard note un fait important : au lieu de passer sur l'épithélium bronchiolaire, la lymphe passe dessous

cheminant vers les ganglions trachéo-bronchiques, par les gaines péri-vasculaires et les gaines péri-bronchiques (amas de Gough) et enfin vers la plèvre (amas sous-pleuraux).

Lorsqu'il y a perturbation dans les mécanismes de l'épuration pulmonaire, due à la nocivité des poussières ou à leur trop grande quantité, causant l'atteinte du dispositif ciliaire des bronches, il y a irritation de celles-ci. Cette irritation se propage à la paroi : les bronches sont toujours altérées dans les pneumoconioses (la bronchite est un symptôme et non une complication).

Il se produit ensuite un blocage des gaines péri-artérielles et des ganglions créant un véritable cercle vicieux.

MM. Policard et Collet (99) insistent sur le fait que chez des mineurs de houille, on observe pratiquement que deux types généraux d'anthracose : ou bien les dépôts de charbon sont faibles ou bien, au contraire, ils sont considérables. Il n'y a pratiquement pas d'intermédiaires. Dans le premier cas, le mécanisme d'auto-épuration a joué pleinement, il est bon. Dans le deuxième cas, il y a eu défection.

M. Policard envisage deux faits importants découlant de ces considérations :

1) Tout d'abord, il serait intéressant, au point de vue pratique, de pouvoir fixer le moment où ces mécanismes manquent à leur rôle ;

2) On peut entrevoir le rôle des ganglions qui, déjà touchés par des atteintes spécifiques (tuberculose en particulier), ne pourront faire face à une épuration qui demande un rendement maximum dans les conditions d'empoussiérage massif.

Enfin, le drainage de la lymphe dépend de l'activité de la circulation pulmonaire, laquelle est liée à une bonne ventilation des alvéoles. La présence de poussières dans celles-ci amènerait une pneumoconstriction.

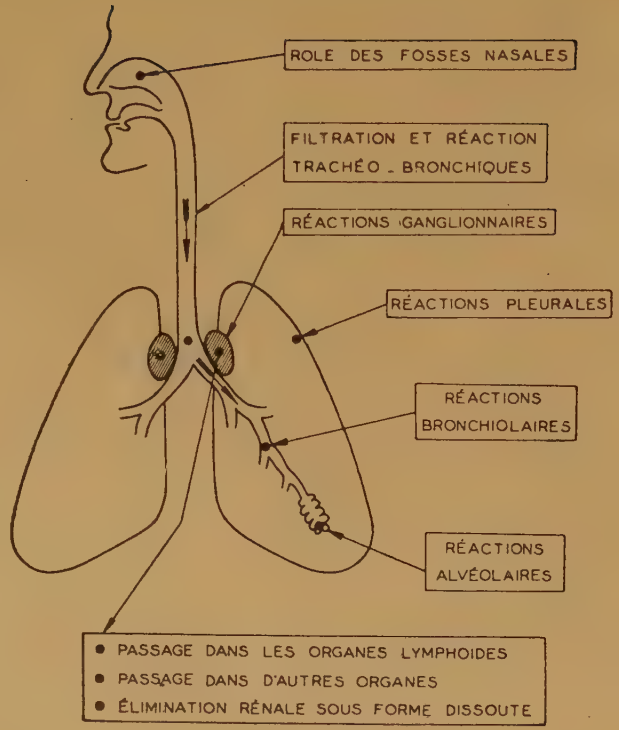
« Pour faire le métier de couvreur, il ne faut pas être sujet aux vertiges ;

Pour travailler dans les poussières, il faut avoir de bons poumons. » (Policard).

Les poussières mixtes.

Il est un autre point sur lequel nous aimerions insister et qui, dans le cas de nos poussières, revêt une importance toute particulière : c'est celui de la question des poussières mixtes.

Les expériences de King (1951) (101) ont mis l'accent sur le rôle des poussières mixtes. C'est ainsi qu'il montre expérimentalement que le charbon pur ne donne pas de lésion, mais si on y adjoint de petites quantités de quartz, qui à elles seules ne produisent pas de lésion dans les poumons de rat, il y a production de foyers de réticulinose. Les mêmes expériences avec le graphite ont donné des résultats semblables. La présence simultanée de grandes quantités de charbon ou de



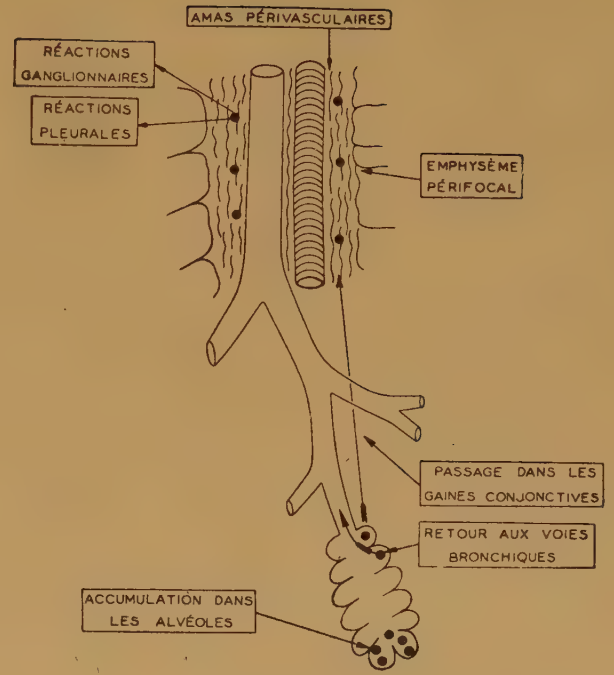


FIG. n° 5 FIG. n° 6

FIG. n°s 5 et 6. — *Voies et mécanismes de l'auto-épuration pulmonaire* (Prof. POLICARD).

graphite accentuerait les effets pathogènes de petites quantités de silice, ou réciproquement.

Des travaux russes récents, Demidenko (1954) (90) font état d'observations semblables. L'étude est faite par la méthode intra-trachéale sur des rats blancs. Leurs conclusions : l'addition de houille et de chaux au quartz ne change presque pas l'action du quartz ; le fer, l'aluminium, le magnésium affaiblissent son action, les alcalis l'augmentent.

De plus, expérimentalement, il y a variabilité dans la vitesse de solution de la silice libre lorsqu'on y mélange de la chaux (CaO) et du ciment. A noter que le carbonate de chaux ne la modifie pas, ou peu lorsque en petites quantités. Briscoe, Matthews (1936) (83) - Watson (1951) (107). On sait qu'une théorie étiopathogénique des silicoses met en cause la solubilité de la silice.

Le rôle des roches calcaires, toujours favorables, est encore longuement étudié par Landwehr (1949) (94), qui estime que lorsque la fréquence de la silicose est élevée, une teneur élevée de quartz fin est trouvée dans la poussière et par contre, si la fréquence est faible, les roches calcaires prédominent. Il ajoute qu'une petite quantité de silice libre peut être rendue inoffensive par un excès de chaux. On peut lire dans cette même publication que les minerais métalliques, le charbon et tous les carbonates, sont à peu près sans danger. Mais ils peuvent créer une « nuisance à poussières ».

Nous constatons, d'après ce qui précède, que le rôle des poussières mixtes est considérable. Leur cadre s'élargit d'ailleurs singulièrement, puisqu'on en est venu à étudier celui des poussières, dites « protectrices ». Mais ici, les divergences d'opinions sont très grandes quant à la nocivité de ces poussières ou à leur efficacité à prévenir la silicose. Il apparaîtrait même que certaines peuvent être dangereuses : toutes poussières ou combinaisons de poussières, si elles sont insolubles et inhalées suffisamment longtemps, et en assez grandes quantités, produisent des maladies des organes respiratoires. La question de quantité domine toujours. Nagelschmidt (1951 (95) - Beckmann (1951) (82).

En dernière analyse, le problème des poussières mixtes et celui des poussières protectrices est vaste. Il était intéressant d'en faire état. En effet, c'est la présence de roches encaissantes, calcaires, qui permet d'expliquer, dans une certaine mesure, ce que nous allons constater maintenant au cours de l'étude radiologique des mineurs de lignite : l'exception des atteintes pulmonaires silicotiques.

ETUDES RADIOLOGIQUE, CLINIQUE ET FONCTIONNELLE

D'après les notions exposées précédemment, et faisant suite à l'étude expérimentale, il était nécessaire de contrôler par une enquête radiologique, clinique et fonctionnelle, l'état de mineurs exposés depuis longtemps et de façon exclusive aux poussières de lignite. Sur le plan clinique, retrouvait-on cette impression de légère nocivité, qui ressort des tests des poussières au rocher.

En collaboration avec le Docteur Aynaud, et grâce à la compréhension de Monsieur le Directeur Général, nous avons pu procéder à l'exécution du plan de travail que nous nous étions fixé et qui était :

1° - Téléradiographies pulmonaires systématiques de 100 mineurs ayant plus de vingt-cinq ans de mine et toujours en activité. Nous dirons dans un moment, dans quelles conditions elles ont été réalisées et quels en sont les résultats ;

2° - Examen clinique de ces mêmes mineurs ;

3° - Examen fonctionnel respiratoire d'un certain nombre d'entre eux.

CHAPITRE CINQUIEME

ETUDE RADIOLOGIQUE

Depuis de nombreuses années déjà, des enquêtes successives ont eu lieu dans nos Exploitations.

C'est ainsi qu'en 1944, MM. Policard, Hanaut et Leroy (35) publiaient, dans les *Archives des Maladies Professionnelles*, les résultats d'une étude statistique sur les pneumoconioses dans une exploitation du Bassin de Fuveau. Nous reproduisons leurs conclusions :

« Nous n'avons rencontré que fort peu de pneumoconioses du type « silicotique chez les ouvriers d'une Exploitation de lignite qui ont été « soumis à notre examen. Lorsque ces travailleurs avaient fait toute « leur carrière dans l'exploitation, même ceux qui étaient restés plus « de vingt ans au rocher et plus de trente ans au charbon, ne présen- « taient pas le semis micro-nodulaire bilatéral caractéristique que l'on « constate chez des ouvriers exposés aux poussières de silice. Les seuls « ouvriers porteurs d'anomalies pulmonaires ressemblant aux pneumo- « conioses silicotiques avaient effectivement été exposés dans d'autres « entreprises minières à l'inhalation de poussières siliceuses. »

Depuis, de nombreux examens ont été pratiqués : en Novembre 1945, le camion de la Croix-Rouge avait radiophotographié 2.459 ouvriers, 13 cas ont été décelés, soit 0,3 %.

L'examen de tous les cas de silicose constatés a prouvé que les ouvriers atteints avaient antérieurement travaillé dans d'autres mines à roches siliceuses.

En 1951, nous avons fait effectuer une centaine d'examens radiophotographiques des mineurs au rocher et d'ouvriers suspects de pneumopathie. Un seul cas de fibrose généralisée a été dépisté.

En Octobre 1952, 3.145 sujets ont été examinés, toujours par les soins du camion radiologique de la Croix-Rouge : 60 sujets ont été dépistés pour des affections du thorax. Parmi les dépistés, on ne trouvait que quatre cas de silicose, soit 0,13 %. Ces quatre ouvriers avaient travaillé pendant des périodes variant de 4 à 17 ans dans le Bassin du Nord ou dans les Mines de Fer.

En Janvier 1955, le camion radiologique des Houillères du Centre et Midi effectue 2.506 examens : trois cas de silicose sont dépistés. Ces images caractérisées par des nodules diffus des deux plages pulmonaires sont encore celles d'ouvriers qui ont travaillé de nombreuses années dans d'autres exploitations minières. Il est à noter qu'une trentaine d'images montrent une accentuation du tractus péri-broncho-vasculaire des bases ou des hiles sans image nodulaire.

Ces statistiques sont particulièrement significatives, mais sont, en majeure partie, le résultat d'examens micro-photographiques ; nous avons donc complété ces enquêtes par l'examen radiologique systématique de la plupart de nos piqueurs ayant plus de 25 ans de travail, dans nos seules exploitations au charbon ou au rocher. Nous avons effectué 100 téléradiographies de ce personnel.

Il est important de noter que :

1° - Les 100 sujets examinés ont été pris sans aucune discrimination ;

2° - Ils ont tous un minimum de 25 à 30 *ans d'abatage* au charbon dont quelques années au travers-bancs.

3° - Ce sont des sujets *âgés de* 40 à 55 *ans*, en pleine activité, qui n'ont travaillé que dans nos exploitations.

Constatations :

— 50 radiographies sont normales.
— Au point de vue lésions pneumoconiotiques, on trouve huit images réticulées banales et une seule image réticulée avec quelques micronodules.
— Une forte proportion d'images paraissent suspectes de lésions emphysémateuses.
— Un certain nombre de sujets présente un gros cœur à la radiographie.

En ce qui concerne les lésions d'allure emphysémateuse, nous nous empressons d'ajouter que, d'une part, l'origine différente des clichés et, d'autre part, l'absence de valeur d'un diagnostic d'emphysème posé sur la vue d'une radiographie, nous n'avons tenu aucun compte de ces aspects.

Il faut retenir uniquement l'absence de lésions pneumoconiotiques chez des sujets ayant derrière eux 25 ans et, le plus souvent, 30 ans d'abattage au fond, chaque ouvrier ayant d'ailleurs travaillé pendant de plus ou moins longues périodes de leur vie, comme mineur au rocher.

En outre, comme nous le redirons à propos de l'interprétation des troubles fonctionnels, il nous a paru indispensable d'entreprendre une étude plus approfondie de ces aspects radiographiques en les comparant à ceux d'hommes de 40 à 50 ans, normaux, travailleurs de force et non exposés aux poussières (bâtiment par exemple).

Cependant, prend place dans ce chapitre l'observation d'un mineur retraité, ayant travaillé d'une façon exclusive dans les Mines de Provence et qui présente une anthraco-silicose à forme pseudo-tumorale.

Il y a deux ans, un ouvrier retraité depuis 20 ans, hospitalisé à Aix pour pneumopathie d'origine professionnelle, était observé par les Docteurs Riou et Long qui ont communiqué le cas à la réunion phtisiologique du Sud-Est en Janvier 1953. Nous les remercions ici d'avoir bien voulu permettre la reproduction de cette observation.

Il s'agit d'un homme robuste, retraité depuis vingt ans, et âgé de 75 ans. Il a travaillé de 14 ans à 54 ans dans la mine de Gréasque — 35 ans au Fond. Il n'avait jamais fait l'objet d'un examen radiologique. En août 1952, il consulte son médecin traitant à cause du caractère très curieux de son expectoration. Il s'agit de crachats extrêmement consistants et complètement noirs qui se produisent une trentaine de fois dans la journée. La radiographie (fig. 7) montre dans la zone sous-claviculaire droite une masse pseudotumorale en voie d'évidement, tandis que, à gauche, on constate des altérations d'aspect homogène

Fig. n° 7. — *Téléradiographie standard du* 15-12-1952 (*cliché inversé*)
Pneumoconiose à forme pseudo tumorale.
Excavation de la pseudo tumeur droite.
Pas de rétraction au niveau de la masse apicale gauche.

plein. Les tomographies (fig. 8) mettent bien en évidence le caractère différent des lésions droite et gauche. Les examens de laboratoire et les prélèvements bronchoscopiques ne mettent en évidence aucun signe de formation tumorale maligne. Les recherches du bacille de Koch sont négatives, l'état général du malade est excellent, l'examen des autres

organes est strictement négatif, c'est à peine si l'on constate une légère dyspnée d'effort. La toux, tenace au début, disparaît lorsque l'évidement est complet. Ce malade, observé pendant dix mois, n'a présenté aucun amaigrissement. On constate cependant dans l'examen histologique de l'expectoration la présence de granulations importantes dans les histiocytes, granulations qui correspondent à de la poussière de charbon.

Il est intéressant de constater qu'il a fallu vingt ans pour que les masses pseudo-tumorales se forment, se nécrosent et s'évident.

Dans cette observation, les aspects radiologiques, le caractère des crachats, la longue évolutivité, l'existence d'atteintes fonctionnelles nulles, l'absence de rétraction des masses pseudo-tumorales (qui les distingueraient de celles de la silicose), font que la discussion du diagnostic n'offre pas de difficultés.

Au point de vue nosologique, nous dirons volontiers anthraco-silicose à forme pseudo-tumorale ou encore, pneumoconiose des houilleurs à forme compliquée, selon la terminologie anglo-saxone.

Cette observation est à rapprocher de celle rapportée par Dœhr (au Congrès d'Anatomo-Pathologie de la Silicose de Bochum en Septembre 1952), relatant un cas de pneumoconiose grave dû à l'inhalation de poussières de ciment durant une très longue période. C'est la première fois que, dans la littérature, on signale un cas d'une telle gravité chez un cimentier. Le Professeur Dœhr pense qu'il s'agit d'une silicose à poussières mixtes ou d'une silicatose. Il n'y avait pas de silice libre dans l'atmosphère.

Cette observation est unique dans notre Bassin ; elle n'a que peu de valeur au point de vue médico-légal, mais nous pensons qu'elle en a une, théorique au moins : le lignite peut, dans des conditions qui restent à définir et à préciser, donner lieu à une anthraco-silicose des plus authentiques (avec masses pseudo-tumorales), qui représente le degré extrême et exceptionnel de la nocivité du lignite sur l'homme.

On pourrait penser que parmi les radiographies que nous avons faites, il se trouverait dans quelques décades des cas semblables, et cette observation aurait alors le mérite d'attirer notre attention sur une possibilité d'anthracose par lignite à évolution lente et lointaine. Mais s'il en était ainsi, nous aurions déjà retrouvé d'autres cas parmi les retraités, alors que l'enquête auprès des médecins traitants n'a rien révélé.

Fig. n° 8. — *Même sujet. Tomographie à 10 cm., mettant en évidence la nécrose de la pseudo tumeur.*

CHAPITRE SIXIEME

ETUDES CLINIQUE ET FONCTIONNELLE

Ces études ont comporté l'examen d'un certain nombre de sujets choisis au hasard. Les épreuves fonctionnelles ne s'élèvent qu'à une vingtaine pour les raisons suivantes. Un appareil d'épreuves fonctionnelles avait été mis à notre disposition pour ces recherches par la Clinique de Chirurgie Thoracique de Saint-Victor, grâce à l'obligeance du Professeur Laval et du Docteur Grégoire qui nous ont guidé dans ces examens. Il fallait faire effectuer une soixantaine de kilomètres aller et retour aux mineurs et cela un jour de chômage (le samedi après-midi en général). Mais quel est le mineur qui, ce jour-là, n'avait pas son lopin de vignes à tailler ?

On comprend que, dans ces conditions, on ait eu quelques défaillances de la part des intéressés.

A l'avenir, la poursuite de ces épreuves fonctionnelles sera grandement facilitée : le service médical des HOUILLERES DU BASSIN DE PROVENCE possède un appareil de Cara.

***

I. - L'examen clinique

Nous inspirant des Publications de Lavenne et de ses Collaborateurs (123 - 124 - 125), nous nous sommes attachés au cours de l'interrogatoire, à la recherche de la *dyspnée* et de l'*expectoration* (qui, avec la toux, sont liées à la notion de catarrhes bronchiques). L'interrogatoire comprenait, évidemment, la recherche des antécédents pulmonaires, du tabagisme et de l'éthylisme.

En ce qui concerne l'examen clinique proprement dit, toujours en nous reportant à l'étude du « cor pulmonale » de Lavenne, nous nous sommes attachés à la recherche :

— de l'expansion thoracique,
— de la présence d'œdème,
— d'hépatomégalie et de reflux hépato-jugulaire.

Ces deux derniers, faisant partie des signes précoces de cœur pulmonaire ne viennent qu'en troisième lieu, après les examens électrocardiographiques et radiographiques du cœur.

La dyspnée est d'une fréquence relative : 40 %.

Le catarrhe bronchique, sur lequel les Docteurs Aynaud et Riou

avaient insisté en 1953 et qui se caractérise par une expectoration gélatineuse rappelant l'expectoration asthmatique, est retrouvée chez 15 % de sujets examinés.

L'auscultation des poumons nous a montré la fréquence de la présence, au niveau des poumons, de *sibilances* surtout expiratoires chez de nombreux mineurs. Cette sibilance, signature à des degrés divers d'un spasme ou d'un encombrement du système bronchique, est un signe de grande valeur. Sa présence doit toujours être recherchée chez un insuffisant respiratoire.

Nous l'avons trouvé dans 50 % des cas.

Nous dirons plus loin quel est, à notre avis, sa signification.

Ajoutons que la percussion est de valeur très moyenne. On ne peut guère tirer de renseignements d'une hypersonorité relative.

La tension artérielle, et surtout la fréquence cardiaque sont mesurées, le pouls se trouve ralenti chez le sportif ou le travailleur de force. Il est accéléré à 100 et plus, lorsque se manifeste un retentissement sur le cœur droit.

Nous ne l'avons constaté que dans des proportions négligeables.

L'examen clinique était complété par une radioscopie qui comprenait :

— un orthodiagramme, la mesure de la course du piston diaphragmatique (de grande valeur chez l'emphysémateux). Les mouvements diaphragmatiques sont, en général, peu diminués.

— la recherche du trapping ou manque d'obscurcissement de certaines régions parenchymateuses, à l'expiration forcée. Signe révélateur de trouble de la ventilation dans le sens de la rétention d'air.

40 % environ des sujets examinés en étaient porteurs.

La radioscopie nous donnait en outre un aperçu général sur la cinétique respiratoire, sur les zones d'hyperclarté possibles et enfin, sur une sclérose toujours difficile à apprécier, mais de valeur indicative seule.

II. - La fonction respiratoire des mineurs exposés aux poussières de lignite

Les épreuves fonctionnelles ont été faites au pulmotest de Godard, appareil hollandais. Il paraît être un des mieux adapté à l'étude de la ventilation. Sa manipulation facile, le peu d'inertie, la stabilisation de l'oxygène, nous semblent ses principales qualités.

Quoiqu'il en soit, si au début de notre travail, nous nous étions attachés au calcul systématique de l'air courant et de l'équivalent respiratoire, de la consommation d'oxygène, des temps d'apnée inspiratoires et expiratoires, chaque épreuve étant faite une première fois en air et une deuxième fois en oxygène, nous ne tenons compte en fait que des trois épreuves ayant une valeur fonctionnelle non discutée. Les

épreuves dont nous venons de parler étant souvent imprécises et comprenant de nombreux facteurs d'erreurs, nous nous sommes adressés seulement à la *capacité vitale* (C. V.), à l'épreuve de Tiffeneau ou coefficient d'utilisation de la C. V. (C. P. U. E.) et à la Maximum Breathing Capacity (M. B. C.). La C. V. a toujours été effectuée en deux ou trois fois, on ne tient compte que de la meilleure. Si nous devions recommencer cette étude, nous la ferions maintenant en deux temps. Un départ expiratoire donne quelquefois de meilleurs résultats. La C V. est une critère statique, elle n'a de valeur que comparée aux autres épreuves. Mais son grand intérêt est qu'elle est facile à obtenir.

Le critère dynamique est représenté par l'épreuve de Tiffeneau.

La capacité pulmonaire utilisable à l'effort (C. P. U. E.) est toujours recherchée en deux ou trois fois, selon les aptitudes psychiques du sujet.

Les résultats en sont donnés en % par rapport à la C. V. La C P. U. E. permet d'avoir une idée assez exacte des possibilités respiratoires du sujet examiné.

Enfin la M. B. C., directe ou indirecte. Certes, le calcul direct offre des difficultés. Le fait d'imposer un rythme est critiqué par certains auteurs, qui admettent que la M. B. C., directe ou indirecte, se rejoignent dans leur résultat.

Ici, les C. V. sont toujours normales et même souvent supérieures à la normale. Le calcul nous donnerait des valeurs inexactes. Nous pensons qu'il est préférable de l'enregistrer .

Ajoutons enfin, et pour le regretter, que seule l'étude de l'air résiduel aurait pu nous donner la valeur réelle du trouble ventilatoire. Mais, hélas ! ce n'est pas encore ici un examen de routine.

Ces diverses épreuves permettent de classer les perturbés respiratoires en deux grandes catégories :

— *les obstructifs* et les *restrictifs*.

Les obstructifs étant ceux pour lesquels la C. V. est normale ou voisine de la normale, mais présentant des vitesses expiratoires diminuées. Le restrictif ayant des vitesses normales, mais des valeurs de C. V. diminuées.

Le pourcentage de la C. P. U. E. par rapport à la C. V. doit, normalement, être égal ou supérieur à 70 %. S'il est inférieur, il y a obstruction, difficulté à l'expiration rapide, en somme obstacle bronchique ou bronchiolaire.

Si nous examinons le tableau n° III, où sont consignés les résultats de nos courbes spirométriques, nous constatons que :

— 40 % sont normales,
— 25 % sont des obstructifs nets,
— 30 % sont des obstructifs légers,
— soit : 55 % d'obstructifs à des degrés divers.

La M. B. C. est souvent diminuée.

La C. V. est toujours normale, souvent même augmentée .

Ces 55 % d'obstructifs se répartissent entre des valeurs du % de la C. P. U. E. par rapport à la C. V., allant de 53 % à des valeurs d'environ 70 %, mais ceux-ci avec des perturbations supplémentaires de l'air de réserve en particulier, des diminutions de la M. B. C., un signe du créneau et pour lesquels l'allure générale de la courbe laisse penser à une obstruction légère, mais présente.

L'absence de restrictifs met en valeur le fait que des mineurs ayant exercé plus de 25 ans leur métier dans des conditions d'empoussiérage moyennes, dans une roche peu nocive, présente tout de même une atteinte de la fonction respiratoire.

Certes, il faut effectuer chez des travailleurs de force exposés à d'autres poussières (bâtiment par exemple) et, si possible, sur un autre lot qui serait représenté par des sujets d'un âge moyen égal et non travailleurs de force, une étude semblable, afin d'avoir une idée exacte sur ce que nous allons avancer. Il nous semble, cependant, que le fait que ces sujets soient des obstructifs plaide en faveur d'un trouble du système bronchiolaire. Les poussières, du type observé dans les mines de lignite, incapables de donner naissance à une silicose vraie (la teneur en silice est cependant parfois notable), pourraient tout de même constituer un encombrement de lymphatiques avec constitution probable de ce que Gough a appelé « l'Emphysème Périfocal » qui donne lieu à de telles perturbations fonctionnelles.

En effet, dans les Publications de Gough, Fletcher, Gilson (1952) (21), les auteurs soulignent le fait que les coupes anatomopathologiques ont montré des signes évidents d'emphysème dans tous les cas où les examens fonctionnels pulmonaires avaient permis d'affirmer l'existence d'un emphysème marqué. La caractéristique de l'emphysème périfocal est son siège au niveau des bronchioles terminales, au contact d'amas de phagocytes. Cet emphysème périfocal est produit par les seules poussières inertes, en dehors de l'action des impuretés siliceuses contenues dans la houille. Il est d'une grande importance symptomatique. Il est, en particulier responsable de la dyspnée que l'on observe.

Le rôle de l'encombrement bronchiolaire qui, cliniquement, se traduit par une sibilance expiratoire, n'est pas douteux. Il vient s'ajouter au premier. Lorsque l'air pénètre dans un alvéole dont la bronchiole est diminuée dans sa lumière par un épaississement de son revêtement ou par un spasme, à l'expiration, les pressions qui s'exercent sur les parois de l'alvéole, étant donné l'obstacle sur l'ouverture, sont importantes et souvent supérieures à celles que peut supporter un alvéole, même normal. Il y a alors dilacération de celle-ci, étirement de ces constituants et formation d'un emphysème. Cependant, le mécanisme de l'emphysème périfocal est une question obscure et discutée dont beaucoup de facteurs restent à préciser.

En conclusion :

Les perturbations fonctionnelles observées sont fréquentes. Elles sont caractérisées par des troubles du type obstructif sur les tracés spi-

	DYSPNÉE	SIBILANCE	RX Scopie D	RX Scopie Ting	C.V Théor	C.V Mesurée		M.B.C Théor	M.B.C Mesurée		C.P.U.E/C.V	OBSTRUCT
MAR. 2				+	3.600	3.500	N	102	90	N	76 %	
ENR. 3	+		↘	+	3.900	3.600	N	120	90	↘	73 %	±
RAP. 4		+		+	4	4	N	120	95	↘	80 %	
TAB. 5	+	+	↘		3.960	5	↗	120	118	N	83 %	
FUE. 8					3.630	3.240	N	102	100	N	80 %	
MAR. 9					4.060	4.500	↗	126	113	N	80 %	
PAS. 10					3.060	3.300	↗	102	85	↘	72 %	±
BLA. 11	+	+		+	3.960	3.930	N	120	103	↘	57 %	+
FAN. 12	+	+	↘	+	3.840	3.300	↘	106	60	↘	63 %	+
LAV. 13	+	+			4.060	4.680	↗	126	105	N	79 %	
BOY. 14	+	+		+	3.800	4	↗	103	75.250	↘	64 %	+
GOR. 15		+			4	4	N	112	120	N	81 %	
BRU. 16		+	↘		3.960	5.520	↗	120	92	↘	60 %	+
BOI. 17			↘		4.060	4.200	N	126	84	↘	70 %	±
VEN. 18	+	+			3.960	3.870	N	120	76.540	↘	88 %	
DEG. 19		+			3.960	4.080	N	120	58.74	↘	75 %	
SAL. 20			↘		3.400	4.140	↗	96	54	↘	71 %	±
ARN. 21			↘	+	3.630	3.540	N	102	36	↘	47 %	+
SWI. 22	+		↘		3.880	3.750	N	109	97	↘	70 %	±
NOV. 23		+	↘	+	3.750	4.300	↗	103	75.600	↘	53 %	+

TABLEAU III. — *Résultats cliniques, radiologiques et fonctionnels*
« D » : Mobilité diaphragmatique.
« Tping » : Trapping apprécié à la radioscopie.
Flèche vers le bas : diminution.
Flèche vers le haut : augmentation.

rométriques. Ces tracés montrent, en outre, que des sujets ayant une capacité vitale toujours normale et souvent même augmentée, présentent une diminution de leur capacité respiratoire à l'effort. La notion de débit revêt ici une importance toute particulière.

Le spasme et l'atteinte broncho-bronchiolaire mis ainsi en évidence se rapprochent des tracés enregistrés lors des insuffisances respiratoires par bronchites chroniques.

On conçoit facilement, dans les conditions de travail que représente la mine, le rôle de l'irritation bronchique. Mais, ne peut-on pas aussi envisager l'hypothèse de l'encombrement lymphatique par les poussières, inertes certes, mais surchargeant les voies de drainage et dont la principale conséquence est la formation de l'emphysème périfocal de Gough qui doit, dans les cas qui nous intéressent, représenter une grosse part dans l'étiopathogénie de l'obstruction.

Les signes d'auscultation dont nous avons noté l'importance et qui révèlent un spasme, rejoignent ces données. L'irritation broncho-bronchiolaire ajoutée à la surcharge lymphatique, participent peut-être tous les deux à la création d'un emphysème et se traduiraient sur les courbes spirométriques par des tracés du type obstructif.

CHAPITRE SEPTIEME

DISCUSSION

Nous voici arrivés au terme de notre exposé. Les observations expérimentales et cliniques que nous avons rapportées peuvent se résumer succinctement de la façon suivante. Des ouvriers, exposés longtemps à une atmosphère poussiéreuse constituée soit de particules inertes, soit de roche calcaire faiblement siliceuse, ne présentent pas d'altérations radiologiques, mais des troubles fonctionnels pulmonaires du type obstructif, dans 55 % des cas.

Ces faits soulèvent quelques problèmes que nous allons maintenant discuter très rapidement, notre objectif étant, avant tout, l'exposition de faits d'observation ou d'expérimentation.

Tout d'abord, quelle est notre position par rapport aux travaux précédents se rapportant au lignite ?

L'étude clinique et expérimentale de Grieshammer (1941) (21) s'appuie sur de nombreuses donnécs, l'Allemagne étant un gros producteur de lignite qui est, avec la potasse, la principale industrie de l'Allemagne Centrale. De ce travail, nous retiendrons les faits les plus importants :

1° - La méthode d'exploitation est différente de celle du Bassin de Provence. Il s'agit le plus souvent, en Allemagne, d'abattage au jour. Par conséquent, les concentrations de l'atmosphère en particules sont nécessairement plus faibles, étant donné la grande dilution par la ventilation naturelle. Cela réduit considérablement le risque pneumoconiotique, comme l'ont montré des observations effectuées dans des carrières où des travaux similaires pratiqués à l'air libre ou à l'abri de constructions légères, se révélaient inoffensifs ou dangereux ;

2° - La teneur en silice du minerai allemand est un peu plus faible que celle du nôtre (2 %) ;

3° - Expérimentalement, l'action des poussières de lignite sur le tissu conjonctif, les muscles, le foie, les ganglions et les poumons ne se traduit que par des réactions banales, des granulomes à corps étrangers. La conclusion de l'auteur est identique à la nôtre : le lignite est totalement privé de pouvoir sclérogène.

Cependant d'autres auteurs, cités par Grieshammer, attribuent au lignite un certain pouvoir fibrosant (Otto, Borchadt (1929). Il semble que l'on puisse faire quelque réserve sur ces observations et interpréter, comme le fait Grieshammer, les images de Bochadt comme des lésions par atélectasie, fréquentes chez les rongeurs.

Nous remarquerons que la méthode d'estimation biologique que nous avons utilisée est un peu différente de celle de l'auteur allemand, puisque nous avons eu recours au test péritonéal. Cependant, là aussi, comme au niveau d'autres territoires conjonctifs mis en jeu par les injections sous-cutanées, intra-veineuses ou intra-pulmonaires, la réaction a été celle d'une poussière inerte. Le charbon, lorsqu'il n'est pas mélangé à des minéraux siliceux, se comporte comme un corps étranger parfaitement toléré par les cellules conjonctives. Cette inertie remarquable doit être due à l'absence probable d'échanges physico-chimiques entre le charbon et le cytoplasme vivant.

4° Nous n'avons pu apporter de documents anatomiques à notre étude. Ils auraient eu certainement un intérêt très grand pour l'interprétation des troubles fonctionnels. Cette question a été débattue précédemment et nous avons vu que tout se passait comme si l'on avait affaire à une pneumoconiose au charbon, excepté l'image radiologique.

Cependant, l'observation unique d'une pneumoconiose du type compliqué, précédemment décrite chez un authentique mineur au lignite, montre que nous ne pouvons souscrire entièrement à l'assertion de Grieshammer qui écrit que l'on n'a jamais pu montrer la formation de pseudo-tumeurs avec le lignite. Les remarques faites précédemment, relatives à l'abattage à l'air libre et au faible taux de silice ,expliquent peut-être cette légère différence.

5° Enfin, la partie consacrée à l'étude fonctionnelle de notre travail, faite sur une échelle très réduite, il est vrai, tend à montrer cependant la réalité d'une perturbation de la fonction de ventilation pulmonaire. C'est donc une notion intéressante que celle de la possibilité, pour des poussières inertes biologiquement, de provoquer à la longue de petits troubles fonctionnels. Nous savons que ces troubles, relevant d'un encombrement bronchique, peuvent avoir pour origine soit un catarrhe bronchique d'irritation, soit un spasme bronchiolaire, soit un certain degré d'emphysème périfocal, au contact d'amas de particules inertes. Il semble bien qu'avec cette forme particulière de pneumoconioses, on soit à la limite inférieure de nocivité d'une poussière minérale.

Pour terminer cette revue des travaux précédents, notons simplement l'accord de nos conclusions avec celles de Hanaut, Policard et Le Roy (35), en soulignant que le travail de ces auteurs ne porte pratiquement que sur l'aspect radiologique des mineurs.

Une autre question mérite également une brève discussion : l'analyse des poussières au rocher a révélé un taux de silice libre qui, s'il est faible, est cependant supérieur à celui des poussières de mine d'autres charbons. On peut se demander pourquoi cette poussière renfermant 4 % de quartz est inoffensive, puisque après 25 années d'exposition, on ne décèle aucun signe radiologique et seulement de faibles troubles de la ventilation.

L'explication paraît pouvoir être fournie par la composition parti-

culière des poussières de Gardanne : le lignite est accompagné de minéraux calcaires, de calcite principalement. Or, ces minéraux calcaires sont complètement et rapidement solubles dans les tissus vivants, caractère que n'ont aucun des autres constituants des mines de charbons. Dans le cas des mines de charbons, les éléments minéraux de la roche encaissante viennent s'ajouter au charbon et additionnent leurs effets qui ne sont pas toujours négligeables (c'est le cas du mica par exemple). Avec le lignite, au contraire, l'épuration pulmonaire trouve un appoint considérable dans la disparition *in situ* d'une fraction importante de la poussière. Ce phénomène, important dans la veine de lignite, devient prépondérant lorsqu'il s'agit des travaux au rocher.

On doit ici rappeler l'expérience de E.-J. King et coll. (101), décrite au paragraphe des poussières mixtes. Une poussière inerte d'encombrement, le charbon, rend nocif une faible quantité de quartz qui, injectée seule, serait sans effets. N'y a-t-il pas, dans notre cas particulier, quelque chose d'analogue ? La petite quantité de quartz peut être considérée comme introduite seule, puisque la roche encaissante calcaire est dissoute. Pour le charbon, cette même quantité de quartz, d'ailleurs habituellement plus faible, est retenue sur place par les autres minéraux insolubles.

Pour nous résumer, on peut envisager que la fraction calcaire des poussières des mines de lignite de Provence se dissout rapidement et réduit l'encombrement lymphatique en facilitant l'épuration pulmonaire.

Un autre aspect de la présence de calcite est celui du rôle protecteur vis-à-vis du quartz que certains auteurs ont décrit, Jütten (92). La présence de calcaire réduirait la nocivité du quartz. Cette notion, qui est discutée à l'heure actuelle, est cependant à mettre en parallèle avec les observations multiples faites dans les mines d'or de KOLAR, dans les Indes méridionales. (Ffrewch G.-E. - 1955) (15). La poussière de ces mines, riche en silice, ne provoque cependant pas de pneumoconioses très graves. Les analyses diverses ont conduit à faire jouer à certains silicates un rôle également protecteur.

Enfin, un dernier facteur paraît intervenir dans cette question. La plupart des ouvriers travaillant dans les mines de charbon ont séjourné plus ou moins longtemps dans des chantiers au rocher qui, eux, présentaient une teneur en silice plus élevée que celle du rocher des mines de lignite. La charge pulmonaire en silice et en silicates est donc vraisemblablement plus élevée, dès l'origine, chez les houilleurs. Ce facteur manque complètement chez ceux de nos mineurs qui ont fait toute leur carrière au lignite.

Les troubles obstructifs de la ventilation pulmonaire sont les seuls signes d'une atteinte pulmonaire que nous ayons pu mettre en évidence. Les radiographies se révèlent toutes normales. Pourquoi n'y a-t-il pas de traduction radiologique de ces troubles ?

La première réponse est qu'il n'y a pas de signes radiologiques, parce qu'il n'y a pas de lésions. Sans preuves anatomiques, il n'est pas

possible d'affirmer le contraire. Mais les troubles fonctionnels ressemblent trop à ceux des houilleurs pour qu'on ne suggère pas l'hypothèse de l'existence de petites lésions du type de celles décrites par Gough, ou tout simplement d'encombrement des gaines lymphatiques. On sait que la traduction radiologique d'une lésion tient plus à la place des atomes constituants dans l'échelle de Mendeleeff, qu'à l'architecture histologique. Une imprégnation calcaire ou ferrugineuse fait plus pour l'opacité que l'accumulation de cellules ou de fibres collagènes. Le travail inaugural de Dechoux (11) a fort bien illustré cette importante notion, en montrant l'intensité de la traduction radiologique de simples dépôts de fer.

Si les amas de Gough sont visibles à la radio, c'est qu'ils sont fréquemment chargés de minéraux exogènes, de calcium et de pigment ferrugineux endogènes. On peut supposer que les amas des mineurs de lignite sont très réduits et faits de lignite pur. Ce lignite n'étant pas réactionnel n'a entraîné l'apport endogène d'aucune substance radio-opaque. Nous aurions donc là une preuve de plus de l'inocuité totale des poussières.

Les conclusions de Dechoux nous permettent un parallélisme plein d'intérêt :

— La roche encaissante est calcaire ;
— La teneur en silice est faible ;
— Les troubles fonctionnels sont parfois importants. Chez nous, ils sont discrets, mais nets ;
— Chez les mineurs de fer, les dépôts de particules inertes sont visibles à la radiographie, car opaques. Nous n'avons pas, dans nos poussières, de composants opaques.

La roche encaissante calcaire a joué ici un rôle de tout premier plan en apportant les facteurs suivants :

— Epuration pulmonaire facilitée par dissolution ;
— Réduction de la masse totale de poussières, donc réduction de l'encombrement ;
— Absence de poussières de nocivité moyenne, du type mica ;
— Rôle protecteur possible du calcaire vis-à-vis de la silice libre.

Rien ne saurait souligner mieux le rôle que peut jouer la roche encaissante dans la nocivité pulmonaire d'une exploitation, que les faits suivants : On sait que les mines de fer de Lorraine offrent un risque pneumoconiotique très réduit, alors que les mines de fer allemandes du SIEGERLAND sont grevées lourdement de silicose. Or, la principale différence réside dans le fait que la roche encaissante est calcaire en Lorraine et quartzeuse en Allemagne. Il ne faut jamais perdre de vue la notion que le poumon est un organe fort complexe exerçant sur les poussières atmosphériques des sélections très particulières et représentant un véritable intégrateur d'un très grand nombre de facteurs.

CONCLUSIONS

L'industrie de l'extraction du lignite est, dans la région provençale, assez importante (4.000 ouvriers pour 1.000.000 de tonnes par an) pour justifier une étude expérimentale relative à la nocivité des poussières et une enquête clinique, radiologique et fonctionnelle quant à la possibilité d'une nuisance sur les voies respiratoires des mineurs.

L'étude expérimentale nous a appris que la quantité de silice n'était pas négligeable dans les échantillons prélevés au rocher ; que le test péritonéal pratiqué sur le rat montrait une légère nocivité de la roche. La poussière de charbon, elle, est tout à fait inerte vis-à-vis des tissus vivants.

L'enquête radiologique portant sur des milliers d'examens microphotographiques et une centaine d'examens par radiographie standard chez des mineurs ayant plus de vingt-cinq ans de fond, s'est révélée entièrement négative. L'examen clinique des sujets exposés, enquête qui portait sur des mineurs ayant plus de vingt-cinq ans de fond et qui étaient en activité, a permis de relever de la dyspnée dans 40 % des cas, et la présence fréquente de râles sibilants (50 % des cas). Les explorations fonctionnelles nous sont apparues fort instructives : les C. V. sont toujours normales ou même augmentées, alors que les vitesses de débit (C. P. U. E.) sont très souvent perturbées. Ce sont des courbes du type obstructif (25 % sont des obstructifs nets, 30 % sont des obstructifs légers).

Par analogie avec les autres mineurs de charbon, on peut penser que ces obstructifs le sont par deux mécanismes :

— le rôle du spasme bronchiolaire et de l'encombrement ;

— la présence d'emphysème périfocal de Gough.

Chemin faisant, nous avons envisagé le rôle des poussières mixtes et avons fait intervenir la roche encaissante calcaire dans le cas des HOUILLERES DU BASSIN DE PROVENCE qui pourrait rendre compte de la faiblesse du risque coniotique. L'inhalation prolongée des poussières de lignite ne provoque qu'une atteinte respiratoire bénigne, surtout caractérisée par une gêne mécanique des mouvements de l'air.

Cependant, un cas d'anthraco-silicose contractée dans nos Mines, pose la question du « facteur constitutionnel » ou de circonstances physio-pathologiques qui peuvent, dans des cas extrêmes, faire d'une poussière peu nocive un facteur déterminant de pneumoconiose des mineurs de charbon.

LU ET APPROUVÉ.
Le Président de Thèse :
Prof. C. MATTEI

VU ET APPROUVÉ.
Le Doyen :
G. MORIN.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER N°
Aix, Novembre 1955
Le Recteur : BLACHE.

BIBLIOGRAPHIE

I. - GENERALITES
PATHOGENIE — LES POUSSIERES

Prélèvement — Analyse — Mesure

1. AYNAUD R. — Le risque de silicose existe-t-il dans le Bassin de Provence ? *Le Médecin d'Usine,* n° 5, Mai 1951, 264-268.
2. BALGAIRIES, DECLERCQ, JARRY, NADIRAS. — Des formes pseudotumorales de la silicose (étude radiologique, considérations étiopathologiques). *Revue Médicale Minière,* n° 2, 1948.
3. BLACKY. — Pneumoconiosis of coal miners in Scotland. *British Jour. of Industrial Medecine, 10,* n° 2, 1953, 101-110.
4. BLANZAT A., BARBE M. — Méthode microchimique de détermination de la silice libre dans les poussières de mine. *Arch. Mal. Prof., 14,* n° 4, 1953. 349-363.
5. BOYER A.-F. — Etude et dosage du quartz par analyse thermique différencielle. *Jour. Chim. Phys., 50,* n° 1, 1953.
6. CAZAMIAN M. — Les images silicotiques de début dans la prévention médicale des pneumoconioses. *Arch. Mal. Prof. Méd. Trav. et Méd. Soc., 8,* n° 2, 1947, 192-195.
7. CAZAMIAN P. — Recherches sur les pneumoconioses dans les charbonnages (formes, fréquences et facteurs étiologiques). Dactylog.
8. CHAMPEIX J. — Le diagnostic de la silicose dans l'expertise. *Le Médecin d'Usine,* n° 10, IIe année, 1949.
9. CHARBONNIER J., LE BOUFFANT L. — Emploi des membranes à micropore pour l'analyse coniotique des atmosphères. *Revue de l'Industrie Minérale, 35,* n° 610, juillet 1954.
10. COLLET A. — Que savons-nous du mécanisme de la silicose ? Semaine Nationale de la Sécurité. Journée de l'Energie, 17-6-1953.
11. DECHOUX J. — La pneumoconiose des mineurs de fer du Bassin de Lorraine. Thèse Médecine, Nancy, 1954.
12. FEIL A. — Anthracose pulmonaire. *Le Médecin d'Usine, 3,* 1941, 438-452.
13. FEIL A. — La pathogénie des pneumoconioses silicotiques. *Le Médecin d'Usine,* n° 1, janvier 1942, 34.
14. FLETCHER C. M. — Pneumoconiosis in coal miners. *Brit. Med. Jour.,* n° 4.560, 1.015-1.022, C.N.R.S., 10-118.868.
15. FFRENCH G. E. — Pneucoconiosis on the Kolar Gold Field, South India. *Arch. Industr. Health, 12,* 1955, 73-83.
16. GLOYNE, MARSHALL, MOYLE. — Pneumoconiosis due to graphite-dust. *Thorax,* 1949, 1-31.
17. GOUGH J., JAMES W. R. L., WENTWOTH J. — A comparaison of the radiological change in coal workers' pneumoconiosis. *Radiologist, 1,* 1949, 28.
18. GOUGH J. — La pathologie des pneumoconioses. *The Post Graduate Medical Journal, 25,* n° 290, 1949, 611-617.
19. GOUGH J. — Patterns in Pneumoconiosis. A paper read before the fourth conference of the Mc Intyre Research Foundation on Silicosis, held in Noranda Quebec. 28-30 janvier 1952.

20. GOUGH J., FLETCHER C., GILSON J., ODMAN P. — Discussion sur le diagnostic de l'emphysème pulmonaire. *Proc. Roy. Soc. Med.*, 25 mars 1952, 576-586.
21. GRIESHAMMER W. — Zur Frage des Verhaltens der Lungen gegenüber Braunkohlenstaub. *Arch. Für Gewerbepathologie und Gewerbehygiene, 11,* n° 9, 1941, 1-52.
22. GRIFFIN O. G. — New internal standard for the quantitative X ray analysis of shales and mine dusts. *SMRE Research Report,* n° 101, août 1954.
23. HAUCHART A. — La silicose chez les mineurs de houille de moins de trente ans. Thèse Lille, n° 59, 1951.
24. HEPPLESTON M. B. — Coal workers pneumoconiosis. Pathological and etiological considerations. *Arch. Indus. Hyg. Occ. Med., 4,* n° 4, 1951, 270-288.
25. JARRY J.-J. — Un cas de silicose pseudotumorale d'apparition tardive. *Arch. Mal. Prof. Méd. Trav. Méd. Soc.,* 1948, 894.
26. KING E. J. — La silicose. *Pact.,* n° 2, avril 1954, vol. 8.
27. LANGELEZ. — La silicose. Encyclopédie Médico-Chirurgicale.
28. LE BOUFFANT L., SOULE J.-L. — Procédé automatique d'analyse granulométrique. *C.R. Acad. Sc., 235,* 1952, 1.207-1.210.
29. LE BOUFFANT L. — Méthode de précipitation électrostatique de fines particules en vue de l'observation au microscope électronique. *Bull. de Microscopie Appliquée, 2,* n° 3-4, 1953, 31-32.
30. LE BOUFFANT L., SAILLARD P. — Appareil automatique pour la numération et la granulométrie de produits divisés. *Mesures,* n° de Mars 1954.
31. LE BOUFFANT L. — La caractérisation des aérosols. A paraître dans la Revue *Laboratoire.*
32. MARTIN E. — Les pneumoconioses retardées. *Revue Méd. Minière,* n° 8, 1949.
33. MARTIN E., ROCHE L. — Les formes pseudotumorales de la pneumoconiose des mineurs. Etude radiologique et clinique. *Arch. Mal. Prof. Méd. Trav. Méd. Soc., 7,* n° 4, 1946.
34. MULLER, ELOIRE. — L'importance du facteur « infection pulmonaire » dans l'étiologie des fibroses pulmonaires des mineurs. *Arch. Inst. Méd. Lég. et Méd. Soc.,* Lille, 1936.
35. POLICARD A., HANAUT A., LEROY. — La question des pneumoconioses par lignite. *Arch. Mal. Prof., 6,* n° 45, 1944, 61-66.
36. POLICARD A. — Question des pneumoconioses dues aux anthracites. *Arch. Mal. Prof., 6,* 1946, 47-56.
37. POLICARD A. — L'action des diverses variétés de charbon sur le poumon. La question des pneumoconioses par anthracite. *Bull. Doc. Med.,* n° 3, 2.
38. POLICARD A. — Mécanismes et conséquences de l'accumulation des poussières dans les gaines péribronchiques et artérielles au cours des pneumoconioses. *Presse Médicale* du 29 mars 1947, 213.
39. POLICARD A. — Lésions fondamentales du poumon dans l'enthracose. *Presse Médicale,* n° 54, 1948, 637.
40. POLICARD A. — Une enquête britannique récente sur la pneumoconiose par le charbon. *Presse Médicale,* n° 68, nov. 1948, 814-815.
41. POLICARD A — Les processus physiologiques fondamentaux du développement des pneumoconioses par poussières de charbon. *Rev. Méd. Minière, 4,* 1951, 3-7.
42. POLICARD A. — Sur le mécanisme de l'emphysème périlésionnel dans les pneumoconioses par charbon, *J. Fr. Med. et Chir. Thoraciques, 6,* 1951, 509-511.
43. POLICARD A., COLLET A. — Les images histopathologiques élémentaires des pneumoconioses. *Presse Médicale,* n° 37, 30 Mai 1953, 765-766.

44. POLICARD A., COLLET A., GILTAIRE RALYTE L. — L'alvéole pulmonaire au microscope électronique. *Presse Médicale,* n° 86, 1954, 1.775-1.777.
45. QUINOT E. — Contrôle d'une atmosphère poussiéreuse. *Revue Méd. Minière,* n° 2, 1948.
46. SCHILLER E., WORTH G. — Die Retention von Gewerbestauben im Respirations trakt und ihre Bedenstung für die Entstehung von Pneumokoniosen. *Aerosol Forschung und Therapie, 2,* 1953, Heft 4, 462-473.
47. SOULE J.-L., LE BOUFFANT L. — Plan statistique d'expérience appliqué à la comparaison d'appareils pour la mesure de l'empoussiérage. *Revue de Statistique Appliquée, 1,* n° 2, 1953.
48. THOMAS J. — Fibro anthracosis of the lungs in eldery individuals in a smoke city. *Diseases of the Chest,* n° 5, Nov. 1953.
49. VAN MECHELEN V. — Quelques données sur l'état actuel du problème de l'anthraco-silicose. Conférence faite le 2 Mars 1950 au Cercle Medice-Chirurgical du Centre de la Louvière (Uystpruyst éditeur, Louvain).
50. COLLOQUE DES PNEUMOCONIOSES. — Lyon, 7-8 Mai 1949.

II. - LES EFFETS BIOLOGIQUES DES POUSSIERES LE TEST PERITONEAL

51. BLICARD A. — L'expérimentation sur l'animal dans l'étude de l'action biologique des poussières. *Rev. Méd. Minière,* nº 8, 1949.
52. BOVET P. — Die Wirkung von Graphit und Anderen Kohlenstoffmodifikationen im Tierversuchen ein Beitrag zur Experimentellen Silikose-forshung. *Z. Pathol. Bakterial, 15,* nº 5, 1952, 548-565.
53. CAREY P., Mc CORD. — The mesurement of the Harmfulness of Dust for Humans Throught the agency of animal reactions. *Surg. Gyn. Obst.,* nº 2, 1936, 129-137.
54. CURRAN R. C. — The effect of cortisone on the reaction of the mouse peritoneum to quartz. *Brit. J. Exper. Path., 83,* 1952, 82-86.
55. DRINKER C. K., FIELD M. E., DRINKER P. — The cellular reponse of Lymph nodes to suspension of the cristalline silica and to two varietes of sericite introduced through lymphatics. *J. Indust. Hyg., 16,* 1934, 296-299.
56. GARDNER U., CUMMINGS D. E. — The reaction to fine and medium size quartz and aluminium oxyde particles. Silicotic cinhoris of the liver. *Amer. J. Path., 9,* 1933, 751-764.
57. HEGER F. — Contribution à l'étude expérimentale des fonctions du grand épiploon. (Travaux du Laboratoire de Physiologie de l'Université de Bruxelles. Institut Solvay). Fasc. 2, *6,* 1904, 79-107.
58. KETTLE H. — The technique of experimental pneumoconiosis. *Lancet, 1,* 1932, 1.190.
59. LUNDGREEN K. L., SWENSSON A. — Experimental Investigation on the significance of the Size of Particles in the Reaction of the peritonum to Amorphous Silica. *Acta Med. Scandinavica, 145,* 1953, 84-90.
60. MARGAREY F. R., GOUGH J. — The effect of cortisone on the reaction to quartz in the peritoneal cavity. *Brit. J. Exper. Path., 33,* 1952, 76-91.
61. MILLER J. W. —Microscopic appearence of experimentally produced dust nodule in the peritonum. *Public Health Reports, 50,* 1935, 1.619-1.928.
62. MILLER J. W., SAYERS R. R. — The physiological response of peritoneal tissue to certain industrial and pure mineral dust. *U. S. Public Health. Reports, 51,* 1936, 1.677-1.689.
63. MILLER J. W., SAYERS R. R. — The physiological response of peritoneal tissue to dust introduced as foreign bodies. *U. S. Public Health Rep., 49,* 1934, 80.
64. MILLER J. W., SAYERS R. R. — Microscopic appearence of experimentally produced dust nodules in the peritoneum. *U. S. Public Health Rep., 50,* 1935, 1.619.
65. MILLER J. W., SAYERS R. R. — The reponse of peritoneal tissue to dust introduced as foreign bodies. *J. Am. Med. Ass., 103,* 1934, 903 ; *Am. J. Public Health, 25,* 1935, 452.
66. NAESLUND C. — Ein Beitrag zur Frage der Technick bei experimentellen Silikose sowie eine Untersuchung über den Wert der Trachealsonde für das studium der Staubwirkung in der Lunge. *Arch. J. Gewerb. Path, 9,* 1939, 414-427.
67. POLICARD A., DOUBROWS S., BOUCHARLAT M. — A propos du mécanisme de la silicose pulmonaire. Action sur les cellules cultivées in vitro des poussières siliceuses provenant du travail au rocher dans les mines de houille. *Bull. Hist. Appl., 6,* 1929, 371-375.
68. POLICARD A. — Recherches sur la silicose pulmonaire. Etude cytologique des éléments à particule siliceuse du poumon dans la silicose expérimentale. *Bull. Histol. Appl., 8,* 1931, 190-206.

69. POLICARD A. — L'expérimentation animale dans l'étude des pneumoconioses. *Die Staublungenerkrankungen. Wissenschaftliche Forschungsberichte, 60,* 1950, 262-269.
70. POLICARD A., ROLLET J. — Action des diverses variétés de charbon sur le tissu conjonctif. *Arch. Mal. Prof., 3,* 1941, 6-13.
71. POLICARD A., COLLET A. — Sur les limites supérieures de taille permettant le passage des particules minérales de la cavité péritonéale vers les ganglions à travers le diaphragme. *C. R. Soc. Biol., 146,* 1952, 43-44.
72. POLICARD A., COLLET A. — Les tests biologiques pour l'appréciation pratique de la nocivité des poussières. *Pact.* (Rev. des Ind. Belges), N° 2, 1954, 122-125.
73. POLICARD A. et COLLET A. — Conditions et valeur pratique du test péritonéal de nocivité des poussières. *Die Staublungenerkrankungen. Wissenschaftliche Forshungsberichte, 63/2,* 1954, 111-119.
74. POLICARD A., ROLLET J. — Réaction du tissu cornéen vis-à-vis des particules minérales siliceuses. *Bull. Histol. Appl., 8,* 1931, 53-58.
75 SCHILLER E. — Die Wirkung von Steroidhormonen auf die Entwiklung silikotischer Granulome. *Anat. Anz., 98,* 1951, 122-132.
76. SILICOSIS RESEARCH. — Mining Magazine, *73,* Oct. 1945, 194-196.
77. TURRIAN H., GRANDJEAN E., NICOD J. L. — Une nouvelle méthode biologique permettant d'apprécier la fibrogénité d'une poussière silicogène. (Institut d'Hygiène et de Physiologie du Travail de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich et de l'Institut d'Anatomie Pathologique de l'Université de Lausanne). *Z. Unfallmed. U, Berufskr., 47,* N° 4, 1954.
78. VIGLIANI E. C. — Medizinisch-wissenschaftliche Arbeitstagung über silikose, *18,* 1951, 233-237.

III. - LE CONFLIT DES POUSSIERES POUMON

Epuration et rétention des poussières mixtes

79. ALBERT R. E., ARVETT L. C. — Clearence of radio active dust from the human lung. *Arch. Ind. Health.* N° de Juillet, *12,* 1955, 99-106.
80. BEDFORD Th., WARNER C. C. — The size and nature of dust found in lung tissue. *Brit. J. Ind. Med., 7,* 1950, 187-194.
81. BROWN J. H., COOK K. M., NEY F. G., HATCH T. — Influence of particle size upon the retention of particulate matter in the human lung. *Amer. J. Publ. Health, 40,* 1950, 450-459.
82. BECKMANN H. — Die Inhalations therapie. *Der Kompass.* N° 7, Juillet 1951, 94-99.
83. BRISCOE H. V. A., MATTHEWS J. W., HOLT P. F., SANDERSON P. M. — Some new characteristic properties of certain industrial dusts. *Trans. Inst. Min. et Métall., 46,* 1936-1937, 291.
84. CEMBER H., HATCH T. F., WATSON J. A., GRUCCI T. A. — Pulmonary penetration of particle administred by tracheal insufflation. *Arch. Ind. Hyg. Occup. Med., 10,* 1954, 124-129.
85. DAUTREBANDE L. — Importance des poussières de très petite taille. *Prévention des accidents.* Contrôles techniques, Avril 1941.
86. DAVIES C. N. — Inhalation risk and particle size in dust and mist. *Brit. J. Ind. Med., 6,* 1949, 245.
87. DELARUE J. — Les causes de l'inégalité des hommes devant les poussières inhalées. *J. Fr. Med. Chir. Thor. 1,* N° 6, 1947, 390-406.
88. DELARUE J. — Les conditions de la fixation des particules étrangères dans le poumon. Soc. Fr. Path. Resp. Séance de Douai, 1-7-1950.
89. JUTTEN K. W. — Die Beckpfung der Silikose, insbesonder durch Leitstaube. *Reichs-Arbeitsblatt,* N°s 29-30, *24,* 1944, Arbeitsshutz, n° 10.
90. DEMIDENKO N. H. — Action sur l'organisme de la poussière professionnelle de constitution mélangée. *Gigiena i sanitaria,* n° II, 1954, 26-29.
91. HATCH T., HEMEON W. L. — Influence of particle size in dust exposure. *J. of. Ind. Hyg. and Toxicol,* 30, 1948, 172-180.
92. JUTTEN K. W. — Experimentelle Untersuchungen zur Frage der Lung eschadigungen durch Industriestaube und ihre Verhütung. *Aschendorffsche Verlagsbuchhandlung.* 1946, Munster.
93. LANDAHL L. D. — On the removal of air-borne droplets by the human respiratory tract. *The lung bull. mathematical biophysics, 12,* 1950, 43.
94. LANDWEHR. — Zusammenhânge zwischen (esteinaufbau und Silikosehaü-figkeit sowie die technischen Moglischkeiten zur Silikose-Gekämpfung. *Verhand d. Deutch Gesellsch. Path.* 33 Tagung in Kiel. 7-10, 1949, Juin. Résumé dans *Bull. of Hygiene, 25,* n° II, 1951, 1.145-1.146.
95. NAGELSCHMIDT G. — Analyse de « uber die Beeinflussbarkeit der quartz. Staubphagocytose durch Leitstaube ». *Arch. Hyg. u. Bakt. 135,* N° 3, 1951, 161-174. *Bull. of Hygien., 27,* N° 5, 443.
96. POLICARD A. — Le conflit des poussières et du poumon. *Praxis.* Revue suisse de Médecine, N° 8, 24 Février 1949.
97. POLICARD A., COLLET A. — Etude au microscope électronique des poussières de houille renfermées dans les poumons des mineurs au charbon. *C. R. Acad. Sc., 233,* 1953, 1.458-1.460.

98. POLICARD A., COLLET A. — Le problème des poussières ultra-fines et son importance en pathologie industrielle. *Arch. Mal. Prof., 14,* N° 4, 1953, 335-341.
99. POLICARD A., COLLET A. — Les mécanismes de l'auto-épuration pulmonaire et leur rôle dans la genèse des pneumoconioses. *Arch. Mal. Prof., 15,* N° 1, 1954, 5-9.
100. RAVVINE V. A., ENIAKOV P. A. — La réaction du poumon aux différentes espèces de charbon. *Arch. de Pathologie. U.R.S.S., I,* 1951, 79-84.
101. RAY S. C., KING E. J., HARRISSON C. V. — The action of small amounts of quartz and larger amounts of coal and graphite on the lungs of rats. *Brit. J. Ind. Med., 8,* 1951, 68-73.
102. RAY S. C., KING E. J., HARRISSON C. V. & MOHANTY G. P. — Studies of the tissue reaction of silicate and silica dust from the Kolar Gold Mines. *Tr. Instn. Min. & Metall.,* 1951-52, *61,* 343-349.
103. SAUZEAT H. — Les recherches des chantiers dangereux. *Rev. Ind. Min., 33,* 1952, 511-517.
104. SHILLER E., WORTH G. — Die Retention von Gewerbestäuben im Respirationstrakt und ihre Bedentung für die Genstehung von Pneumokoniosen. *Aerosol-Forschung und Therapie* (Heft 4), *2,* 1953, 462-473.
105. STOKINGER H. E., STEADMAN L. T., WILSON H. B., SYLVESTER H. B., DZIUBA G. E., LABELLE S. — Déposition et rétention des particules inhalées insolubles dans les lobes pulmonaires. *Arch. Ind. Hyg. Occup. Med., 4,* N° 4, 1951, 346-353.
106. VAN CLEAVE C. D., TAYLOR C. T. — Distribution, rétention and elimination of Be7 in the rat after intra tracheose injection. *Arch. Ind. Health. 2,* 1955, 375-392.
107. WATSON H. H. — The dust problem in the Kolar gold mines. *Bull. Inst. Min. Metal., 61,* N° 545, 1951-52, 351-372.

ETUDE RADIOLOGIQUE ET FONCTIONNELLE

108. BERARD, ROCHE L. et ODE. — Le "catarrhe bronchique" au cours de l'anthraco-silicose. *Arch. Mal. Prof., 7,* N° 4, 1946, 251.
109. BOSELLI A. — Studio sulle alterazioni siero funzionali nei silicotici. *Arch. Mal. Prof., 10,* N° 5, 1949, 436-437.
110. CARRAUD A. — Possibilités et limites du diagnostic radiologique des images silicotiques. *Arch. Mal. Prof., 8,* N° 6, 1947, 514-526.
111. CROIZIER. — Appréciation pratique des troubles fonctionnels de la silicose. *Journal Médical Français,* Septembre 1945).
112. DECLERCQ C., BALGAIRIES E., FLOUQUET M., MOREL A. — Considérations sur le dépistage radiographique des pneumoconioses dans un groupe de mines. *Rev. Méd. Minière Douai, 2,* N° 7, 1949, 9-15.
113. FISSENGER N. — Les Explorations Fonctionnelles. Masson, 1937.
114. FLETCHER M. D. — Classification of Roentgenograms in pneumoconiosis. *Arch. of Industrial Hearth, II,* N° 1, 1955.
115. FLETCHER C. M., MANN J., DAVIES I., COCHRANE A. L., GILSON J. C. — Classification on Radiographis Appearences in Coalminers Pneumononiosis. *Radiologist., I,* 1949, 40.
116. GERNEZ-RIEUX C., BRETON A. — L'insuffisance respiratoire précoce des silicotiques. Son intérêt en médecine d'hygiène sociale. *Arch. Inst. Méd. Légale et Sociale de Lille,* 1947, 177-184.
117. GILSON J. C., HUGH-JONES P. — The measurement of the total lung volume and Breathing Capacity. *Clinical Science, 7,* N°s 3 et 4, 1949, 185-266.
118. HANAUT A. — Dépistage de la silicose. *Arch. Inst. Méd. Légale et Méd. Sociale de Lille,* 1947, 165-177. Numéro réservé à la Médecine du Travail.
119. HUGH - JONES M. — Tests nouveaux dans l'emphysème du poumon silicotique. *Arch. Mal. Prof., 10,* N° 5, 1949, 430-436.

120. HURLEY L., MOTLEY L. — Clinical pulmonary physiology. Evaluation of Fonction Impairment and new Developpements in Therapy on Chronic Pulmonary disease. *Arch. of Industrial Hygien and Occupational Medecine, 5,* N° 6, 1952, 554-565.
121. HURLEY L., MOTLEY L., LANG L. P., GORDON B. — Pulmonary emphysema and ventilation measurements in one hundred anthracite coalminers' with respiratory complants. *Amer. Rev. Tuberc., 59,* N° 3, 1949, 270-288.
122. JEQUIER-DOGE E., LOB M. — Les problèmes fonctionnels posés par par la silicose pulmonaire (ergomètre et capacité vitale). *Schweiz. Med. Wochschr.,* N°s 13 et 14, 1945, 283-286, 304-308.
123. LAVENNE F. — Contribution à l'étude du cœur pulmonaire dans la silicose. *Sem. Méd. Hôp. Paris,* N° 85, 1949, 3.564.
124. LAVENNE F. — Le retentissement cardiovasculaire de la silicose et de l'anthracosilicose. Contribution à l'étude du « cor pulmonale ». *Acta Medica Belgica,* 1951.
125. LAVENNE F., BELAYEW D. — Epreuves fonctionnelles chez des mineurs au travail. Institut d'Hygiène des Mines. *Hasselt. Comm.* N° 106 du 27-4-1953.
126. MARTIN E., ROCHE L., ODE L. — Le cœur dans la silicose. *Journal de Médecine de Lyon, 26,* 1947, 249.
127. MERIGOT. — L'exploration fonctionnelle pulmonaire des pneumoconioses. *Arch. Mal. Prof.,* Janvier 1946.
128. MARTIN E., ROCHE L. — Quelques remarques sur la dyspnée chez les ouvriers du fond, employés dans les houillères. *Arch. Mal. Prof., 7,* N° 3, 1946, 197-198.
129. MARTIN E., ROCHE L. — L'emphysème au cours de la silicose. *Presse Méd.,* N° 57, 1947, 656.
130. MOTLEY, GORDON, LANG, THEODEST. — La diminution de la fonction respiratoire dans l'anthraco-silicose. *Arch. Mal. Prof., II,* 1950, 91.
131. PARMEGGIANI L. — Sulla capacita vitale dei silicotice. *La Medecina del Lavoro,* N° 5, Mai 1950, 115-153.
132. ROCHE L. — L'appréciation des troubles fonctionnels dans l'expertise des silicotiques. Etude de la fonction respiratoire au cours de la silicose. *Revue Médicale de Nancy,* Mars-Avril 1951.
133. ROCHE L. — La rédaction du rapport d'expertise. *Le Médecin d'Usine, 10,* 1949, 608-610.
134. ROCHE L., HANAUT A. — Intérêt et limites de l'exploration fonctionnelle du poumon dans l'expertise de la silicose. *Méd. d'Usine, 13-10,* 1951.
135. ROCHE L., ODE L. — L'emphysème au cours de la silicose. *Presse Médicale,* 1947, 656.
136. ROCHE L., THIVOLLET. — Exploration fonctionnelle du poumon dans l'expertise de silicose. *Arch. Mal. Prof. Méd. Trav. et Méd. Soc.,* N° 7, 1949, 448.
137. SIMONIN P. — Etudes spirographiques. *Semaine des Hôpitaux de Paris,* 30e Année, N° 7, du 26-1-1954.
138. SPAIN D. M., HANDLER B. J. — Chronic cor pulmonale. 60 cases studied at necropsy. *Arch. Int. Med., 77,* 1946, 37-65.
139. THOMAS A. J. — Le cœur dans les pneumoconioses des mineurs de charbon. *Brith Heart Journal, 10,* 1948, 282.
140. THOMAS J. — L'hyperthrophie ventriculaire droite dans la pneumoconiose des houilleurs. *Brit. Hearth Jour., 13,* 1951, 1-9.
141. TULOU P. — Intérêt de l'exploration fonctionnelle de la respiration chez les silicotiques. *Arch. Mal. Prof. Méd. Trav .et Méd. Soc.,* N° 7, 1944, 379.
142. ZORN, WORTH. — Atlas radiographique des pneumoconioses. Texte de BALGAIRIES. Editions Staufen Verlag. 1952.
143. REVUE MEDICALE MINIERE, consacrée à l'étude fonctionnelle et cardiaque, N° 25, 1954.

SERMENT

En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers Condisciples, devant l'effigie d'Hippocrate,

Je promets et je jure, au nom de l'être suprême, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail ; je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs, ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Je garderai le respect absolu de la vie humaine, dès la conception.

Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leur père.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes Confrères si j'y manque.